

KNS(R)-002-2025

# 글로벌 원자력산업 도약을 위한 원자력 인력양성 방안 연구

Research on Nuclear Human Resource Development  
Strategies for the Advancement of the Global  
Nuclear Industry

2025. 12

한국원자력학회

# 목 차

요 약 .....	i
그림목차 .....	ii
표 목 차 .....	iii
I. 서론 .....	1
1 연구의 배경 및 목적 .....	1
2 연구의 범위 및 방법 .....	3
II. 국내 원자력 전문인력 수급 현황 .....	4
1 분석 배경 .....	4
2 원자력 산업 인력 현황 .....	4
2.1 원자력 산업 인력 및 매출 추이 .....	4
2.2 원자력 산업 분야별 인력 분포 현황 .....	5
2.3 원자력 산업체 연령별 인력 구조 .....	7
3 원자력 산업 내 원자력 전공 인력 수급 현황 .....	9
3.1 원자력 산업 내 원자력 전공 인력 추이 .....	9
3.2 대학의 원자력 산업 인력 배출 현황 .....	10
4 종합 진단 및 시사점 .....	13
III. 원전 산업 발전 시나리오 .....	14
1 시나리오 설정의 배경 및 기준 .....	14
1.1 시나리오 설정 기준 .....	14
1.2 원전 건설사업의 원자력 인력수요 가정 .....	14
2 시나리오 설정 .....	16
2.1 기준 시나리오 .....	16
2.2 낙관 시나리오 .....	17
2.3 비관 시나리오 .....	18
IV. 원자력 인력수요 전망 분석 .....	20
1 원자력 인력수요 전망의 필요성과 주요 내용 .....	20
2 원자력 산업 인력 수요 예측 방법론 .....	21
2.1 하향식(Top-Down) 예측 방법론 .....	21
2.2 상향식(Bottom-Up) 예측 방법론 .....	22
2.3 본 연구의 제안: 혼합형 인력 수요 예측 프레임워크 .....	22

2.4 통합 분석 체계 .....	23
3 원자력 인력 수요 예측을 위한 시스템 다이내믹스 모델링 .....	24
3.1 시스템 다이내믹스 모델링 개요 .....	24
3.2 시스템 다이내믹스를 활용한 원자력 산업 인력 수요 예측 모델 .....	25
3.3 모델의 합산과 신규 인력 모델 .....	37
3.4 모델의 타당성 검토 .....	40
3.5 원전 산업 인력 수요 시나리오 분석 모델링 .....	44
3.6 원자력 산업 인력 신규 수요 산정 .....	59
<b>V. 대학 원자력 전공 인력 배출 전망 .....</b>	<b>66</b>
1 학령인구 감소 및 인력 배출 여건 .....	66
2 주요 가정 및 예측 방법 .....	69
2.1 분석의 기준값 및 공통 가정 .....	69
2.2 학사과정 졸업생 수 예측 방법 .....	69
2.3 석사과정 졸업생 수 예측 방법 .....	70
2.4 박사과정 졸업생 수 예측 방법 .....	70
3 원자력 전공 인력 배출 전망 .....	72
<b>VI. 인력 수급 전망 종합 분석 및 정책 제언 .....</b>	<b>74</b>
1 시나리오 기반 수급 전망 비교 .....	74
1.1 가정 사항 .....	75
1.2 기본 유입률 적용 시 수급 격차 분석 .....	76
1.3 유입률 상향 시 수급 격차 분석 .....	77
1.4 소결 .....	79
2 AI 기술 도입에 따른 인력 구조 변화 가능성 진단 .....	80
2.1 분석 배경 .....	80
2.2 원전 산업 생산성 향상 AI 기술 .....	80
2.3 AI 기술 도입에 따른 인력 구조 변화 분석 .....	82
2.4 소결 .....	87
3 인력 수요 대응을 위한 대학 인력 공급 활성화 방안 .....	88
3.1 잠재적 인력에의 노출 확대 .....	88
3.2 원자력 직업 시장의 질적 제고 .....	93
<b>VII. 결론 .....</b>	<b>97</b>
<b>VIII. 참고문헌 .....</b>	<b>99</b>

※ 본 간행물은 한국원자력학회 고급정책연구소 자체정책연구과제의 일환으로 발행되었습니다.

검토인 : 이기복 (한국원자력학회)  
최성민 (한국원자력학회)  
김동역 (중앙대학교)  
김형대 (경희대학교)  
반치범 (부산대학교)  
백 민 (서울대학교)  
이영준 (한국원자력연구원)  
정원표 (한국원자력협력재단)  
최광식 (한국수력원자력)

편집인 : 심형진 (서울대학교)  
(작성자) 오영민 (연세대학교)  
최성열 (서울대학교)  
박지웅 (서울대학교)  
김지연 (서울대학교)

# 요 약

국내 원자력 산업은 탄소중립 실현을 위한 신규 원전 건설 재개, 원전 수출, 소형모듈원전 도입 등 새로운 도약 기회를 맞이하였으나, 내부적으로는 인력 고령화와 허리 계층 약화, 외부적으로는 학령인구 감소에 따른 인력 공급 기반 위축과 정책 불안에 의한 원자력 전공 기피현상이라는 위기에 직면해 있다. 이러한 인력 구조의 취약점은 미래 인력 수급의 불안을 가중시키는 요인으로 작용하고 있어, 정교한 수요 전망과 이에 기반한 선제적 대응 전략 수립이 그 어느 때보다 시급한 시점이다. 이에 본 연구는 시스템 다이내믹스(System Dynamics) 모델링을 활용하여 정책 변수에 따른 기준·낙관·비관의 세 가지 인력 수요 시나리오를 설정하고, 2050년까지의 인력 수급 동태를 정량적으로 분석하였다. 아울러 AI 기술 도입이 원자력 인력 구조에 미칠 잠재적 영향을 진단하고, 인구 구조 변화에 대응 가능한 인력 양성 방안을 모색하였다.

주요 분석 결과, 산업 호황기에는 인력 수요가 급증하는 반면 공급 기반은 약화되어 수급 격차가 확대될 위험이 확인되었다. 수요 낙관 시나리오 하에서 원자력 공학 전공 신규 인력 수요는 기준선 시나리오(BAU) 대비 최대 2.26배까지 급증할 것으로 예측되었으나, 인력 공급은 학령인구 감소 시나리오에서 2050년 졸업생 수가 2035년 대비 약 48% 수준까지 급감할 수 있을 것으로 전망되었다. 특히 원자력 전공 졸업생의 산업 유입률을 반영한 유효 공급을 기준으로 수급 격차를 분석했을 때, 수요 낙관 시나리오에서는 2050년 기준 최대 335명의 공급 부족이 발생하여 인력난이 심화될 것으로 나타났다. 한편 AI 기술 도입은 고속련 전문 인력의 직무를 기술적으로 30~46%까지 대체 가능할 것으로 분석되었으나, 안전을 최우선으로 하는 원자력 산업의 특수성과 엄격한 규제 환경을 고려할 때 인력을 전면 대체하기 보다는 업무 효율을 높이는 보조적 도구로 기능할 가능성이 높다.

이상의 결과를 토대로 본 연구는 다음의 인력 양성 정책 방향 설정을 제안한다. 학령인구 감소 시대에 단순히 입학 정원을 늘리는 1차원적 접근은 한계가 명확하므로, 한정된 인적 자원을 효율적으로 활용하기 위한 유입 기반 확충과 산업 안착 유도의 균형잡힌 전략이 요구된다. 우선 잠재 인력인 초·중등생의 원자력 과학 기술에 대한 노출 빈도를 높여 긍정적 인식을 형성하고 자연스러운 전공 진입을 유도할 필요가 있다. 이와 동시에, 정주 환경 개선과 임금 수준 향상, 근로 여건 및 조직 문화 매력도 제고 등 직업 시장의 질적 고도화를 통해 원자력 전공 졸업생이 타 분야로 이탈하지 않고 실제 산업계로 유입되도록 해야 한다. 결론적으로 다가오는 원자력 산업의 재도약 기회를 성공적으로 포착하기 위해서는, 잠재적 인력을 끌어들이는 노력과 전문 인력을 산업 현장에 안착시키는 노력이 병행되는 전주기적 인력 양성 체계가 확립되어야 할 것이다.

# 그림 목 차

그림 1-1. 원자력 산업 경쟁력 확보의 내부 제약요인 .....	1
그림 1-2. 대학 입학 가능 인원 전망 .....	2
그림 2-1. 원자력 산업 전체 인력 및 원자력 전공 인력 구성비 추이 .....	5
그림 2-2. 10년간 원자력 산업분야 매출액 추이 .....	5
그림 2-3. 원전 건설·운영분야 인력 추이 .....	6
그림 2-4. 원자력 산업 전체 분야 인력 추이 .....	6
그림 2-5. 원자력 발전사업자 연령별 인력 추이 .....	7
그림 2-6. 원자력 공급산업체 연령별 인력 추이 .....	8
그림 2-7. 원자력 연구·공공기관 연령별 인력 추이 .....	8
그림 2-8. 원자력 산업 내 원자력 전공자 학위별 인력 추이 .....	9
그림 2-9. 원자력 산업 내 학위별 종사자 중 원자력 전공자 비중 추이 .....	9
그림 2-10. 원자력 산업 분야 원자력 전공 학사 졸업생 수 및 채용 실적 .....	11
그림 2-11. 원자력 전공 학사 졸업생 취업률·진학률 추이 .....	11
그림 2-12. 원자력 산업 분야 원자력 전공 석사 이상 졸업생 수 및 채용 실적 ..	12
그림 2-13. 원자력 전공 대학원 졸업생 취업률·진학률 추이 .....	12
그림 3-1. 기준 시나리오의 기존 원전 운영안 .....	16
그림 3-2. 기준 시나리오의 신규원전 건설안 .....	16
그림 3-3. 기준 시나리오의 원전 수출 계획 .....	17
그림 3-4. 낙관 시나리오의 기존 원전 운영안 .....	17
그림 3-5. 낙관 시나리오의 신규원전 건설안 .....	18
그림 3-6. 낙관 시나리오의 원전 수출 계획 .....	18
그림 3-7. 비관 시나리오의 기존 원전 운영안 .....	19
그림 3-8. 비관 시나리오의 신규원전 건설안 .....	19
그림 3-9. 비관 시나리오의 원전 수출 계획 .....	19
그림 4-1. 원자력 산업 인력 수급 예측 통합 방법론 .....	24
그림 4-2. 시스템 다이내믹스 방법론의 연구 흐름 .....	25
그림 4-3. 원자력 발전소의 생애주기별 모델 .....	26
그림 4-4. 가상원자력 발전소의 생애주기별 SFD 모델 .....	28
그림 4-5. 인력 수요 예측 SFD 모델 .....	29
그림 4-6. 신월성 1호기의 생애주기 과정 결과와 발전량 시뮬레이션 결과 .....	29
그림 4-7. ARP1400 건설/시운전 표준직제 인원 변동 그래프 .....	31
그림 4-8. 공급산업체 사업비 함수와 신월성1호기 년차별 건설단계 사업비 .....	33

그림 4-9. 공급산업체 사업비 소요인력 함수와 신월성1호기 건설단계 소요인력 결과 ...	34
그림 4-10. 연구공공기관 매출액 및 인력 수요 예측 모델 .....	35
그림 4-11. 연구공공기관 매출액 인력수 전환함수 .....	36
그림 4-12. 연구공공기관 인력수 추이 .....	36
그림 4-13. 발전소별 한수원 인력 소요 총합 .....	37
그림 4-14. 국내 신규 원전 건설 시나리오에 따른 한수원 신규 인력 수요 변화	38
그림 4-15. 부문별 신규 인력수요 모델 .....	40
그림 4-16. 한수원 인력 모형 시뮬레이션 .....	41
그림 4-17. 한수원 건설 및 운영 인력 시뮬레이션 .....	42
그림 4-18. 한수원 R&D 및 경영지원 인력 수요 모형 시뮬레이션 .....	42
그림 4-19. 공급업체 인력 수요 모형 시뮬레이션 .....	43
그림 4-20. 공급업체 기획설계 및 제조운영 인력 모형 시뮬레이션 .....	44
그림 4-21. BAU 시나리오 하 한수원 인력 수요 결과 .....	45
그림 4-22. BAU 시나리오 하 공급산업체 인력 수요 결과 .....	45
그림 4-23. BAU 시나리오 하 연구공공기관 인력 수요 결과 .....	47
그림 4-24. BAU 시나리오 하 인력수요 총합 .....	48
그림 4-25. 낙관 시나리오 한수원 인력 수요 .....	49
그림 4-26. 낙관 시나리오 공급산업체 인력 수요 .....	50
그림 4-27. 낙관 시나리오 연구공공기관 인력 수요 .....	51
그림 4-28. 낙관 시나리오 인력수요 합계 .....	52
그림 4-29. 기준 시나리오 한수원 인력수요 .....	53
그림 4-30. 기준 시나리오 공급산업체 인력수요 .....	53
그림 4-31. 기준 시나리오 인력수요 합계 .....	54
그림 4-32. 비관 시나리오 한수원 인력수요 .....	55
그림 4-33. 비관 시나리오 공급산업체 인력수요 .....	56
그림 4-34. 비관 시나리오 연구공공기관 인력수요 .....	56
그림 4-35. 비관 시나리오 인력수요 합계 .....	57
그림 4-36. 시나리오별 인력수요 총합 .....	58
그림 4-37. BAU 시나리오 신규 인력 수요 .....	59
그림 4-38. 낙관 시나리오 신규 인력 수요 .....	60
그림 4-39. 기준 시나리오 신규 인력 수요 .....	60
그림 4-40. 비관 시나리오 신규 인력 수요 .....	61
그림 4-41. BAU 시나리오 원자력 유관 학과 출신 신규 인력 수요 .....	61
그림 4-42. 낙관 시나리오 원자력 유관 학과 출신 신규 인력 수요 .....	62
그림 4-43. 기준 시나리오 원자력 유관 학과 출신 신규 인력 수요 .....	62

그림 4-44. 비관 시나리오 원자력 유관 학과 출신 신규 인력 수요 .....	63
그림 4-45. 자연이탈률의 변동에 따른 민감도 분석 .....	64
그림 5-1. 1985~2024 대한민국 출생아 수 추이 .....	66
그림 5-2. 1999~2024 원자력 전공 인력 배출 추이 .....	68
그림 5-3. 1999~2024 원자력 박사과정 인력 배출 추이 .....	71
그림 5-4. 2025~2050 시나리오별 원자력 전공 인력 배출 전망 .....	72
그림 6-1. 2025~2050 원자력 인력 수요 및 공급 전망 .....	74
그림 6-2. 2044년 수요 유지 시 인력 수요 전망 .....	75
그림 6-3. 기본 유입률 하에서 수요-배출 시나리오에 따른 수급 격차 .....	76
그림 6-4. 유입률 상향 시 수요-배출 시나리오에 따른 수급 격차 .....	78
그림 6-5. 기술 노출 지수 정량화 과정 .....	83
그림 6-6. 서울대학교 미산 등산 장학생 모집 안내 .....	90
그림 6-7. 원자력통제기술원 핵비확산 대학생 체험단 교육 .....	91
그림 6-8. (좌) 롯데정밀화학 R&D 산학장학생, (우) 서울대-삼성SDI 배터리 인재양성 트랙 장학생 모집 안내 .....	92

# 표 목 차

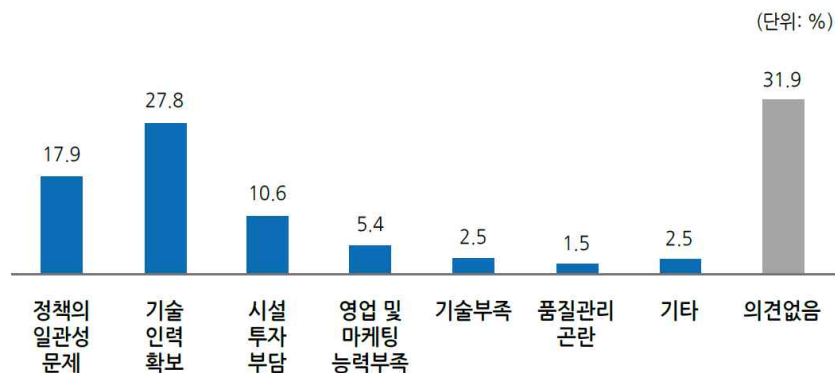
표 2-1. 원자력 산업 내 학사 이상 원자력 전공 인력 추이 .....	9
표 2-2. 최근 10년간 원자력 전공 졸업생 수 .....	10
표 3-1. 대형원전 건설사업 기간별 한국수력원자력 투입인력 (112개월) .....	15
표 4-1. 원자력 발전소 주요 현황과 단계별 일정 .....	27
표 4-2. ARP1400 원전 건설/시운전 표준직제 .....	30
표 4-3. 원자력발전소 건설/시운전 기간 .....	32
표 4-4. 공공연구부문 인력에 대한 회귀분석 결과 .....	35
표 4-5. 원전 산업 인력 수요 시나리오 .....	45
표 4-6. 시뮬레이션 시나리오 인력수요 결과 정리 .....	58
표 4-7. 시나리오별 신규 인력 수요 종합 .....	63
표 5-1. 2040년 국내 대학 신입생 충원율 가정치 .....	67
표 5-2. 학사과정 졸업생 수 변화 시나리오 설정 .....	70
표 5-3. 2025~2050 주요 연도별 원자력 전공 인력 배출 전망 .....	73
표 6-1. 기본 유입률 반영 시 원자력 산업 인력 공급 전망 .....	76
표 6-2. 기본 유입률 하에서 수요-배출 시나리오에 따른 수급 격차 지표 .....	77
표 6-3. 유입률 10%p 상향 시 수요-배출 시나리오에 따른 수급 격차 지표 .....	78
표 6-4. 유입률 상향에 따른 2050년 수급 격차 및 수요 충족률 비교 .....	79
표 6-5. 상업적 원자력 활동에서 AI 적용 수준 .....	81
표 6-6. 소프트웨어 노출 지수에 따른 회귀 분석 결과 .....	85
표 6-7. 원자력 발전 산업 분야 직업별 취업자 수 변화 예측 .....	86
표 6-8. 원자력 연구개발 분야 직업별 취업자 수 변화 예측 .....	87

# I. 서론

## 1. 연구의 배경 및 목적

전 세계적으로 기후위기 대응과 AI 산업의 폭발적 성장에 따른 전력 수요 급증이 맞물리면서, 탄소 배출 없이 24시간 안정적인 전력 공급이 가능한 원자력의 역할이 재조명받고 있다. 이러한 흐름에 맞추어, 국내 원자력 산업 또한 신규원전 건설, 계속운전 추진, 원전 수출, 혁신형 소형모듈원자로(i-SMR) 연구개발, 선진원자로 연구개발 등 새로운 확장기를 맞이하고 있다. 특히 2050 탄소중립 사회 구현이라는 국가적 목표 달성과 글로벌 수출산업으로의 성장을 위해서는 산업 현장에서의 높은 기술 경쟁력 유지와 함께 우수한 신진 전문 기술 인력의 유입이 필수적이다.

그러나 원자력 산업이 글로벌 수출산업으로 도약하기 위해 경쟁력 높은 인재들의 유입이 필수적인 상황에서, 재직 인력의 고령화, 우수 인재의 수도권 선호 현상, 학령인구 감소 등에 의한 인력수급 불확실성은 원자력 산업 경쟁력 확보의 최대 위협 요인으로 작용하고 있다. 2025년 4월에 발간된 한국원자력산업협회의 2023년도 「원자력산업실태조사」 [1]에 따르면, 원자력산업의 경쟁력 확보를 위한 최대 내부 제약요인으로 ‘기술 인력확보’ 문제가 27.8%로 가장 높게 지적되었다.



\* 응답자 base : 2023년 원자력관련 업무가 있는 공급산업체 (n=521)

그림 1-1. 원자력 산업 경쟁력 확보의 내부 제약요인

출처: 한국원자력산업협회(2025)

현재 원자력 산업계는 단기적으로 재직 인력의 고령화와 경쟁력 높은 우수 인재들의 수도권 선호 현상으로 인력 운용 및 수급에 어려움을 겪고 있다. 중장기적으로는 학령인구 감소에 의한 인재 확보 불확실성 문제에 직면해 있다. 대학입학가능인구 분석[2]에 따르면, 대학입학가능인원은 2025년부터 2031년까지의 유지기를 거쳐 2032년부터 2040년까지 약 39.1%가 감소하는 2차 감소기가 예상되고 있어, 학령인구 감소를 고려한 대학 유형 및 지역별 원자력 전공학과 졸업생 배출 예측과 이에 따른 대책 마련이 시급한 실정이다.

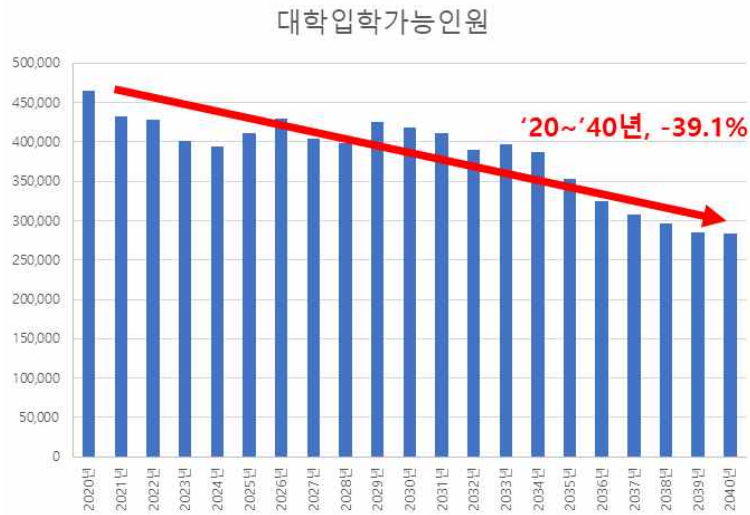


그림 1-2. 대학 입학 가능 인원 전망

출처: 연덕원(2021)

따라서, 이 연구의 목적은 글로벌 원자력 산업 도약을 위한 중장기 원자력 인력 수요를 예측하고 효과적인 인력 수급 방안을 제시하는 데 있다. 이를 위한 세부 연구 목표는 다음과 같다.

- (1) 국내 원자력 전문인력 수급 현황 분석
- (2) 원자력 정책 분석을 통한 원전 산업 발전 시나리오 도출
- (3) 원자력 인력 수요 전망 분석
- (4) 대학 원자력 전공 인력 배출 전망 분석
- (5) 인력 수급 전망 종합 분석 및 정책 제언

## 2. 연구의 범위 및 방법

본 연구는 크게 다섯 가지 영역으로 구성되어 있으며, 각 영역별 연구 범위 및 방법은 다음과 같다.

### (1) 국내 원자력 전문인력 수급 현황 분석

국내 원자력 산업 인력 현황을 분야별 인력 분포 및 연령별 인력 구조 현황을 중심으로 짚어보고, 원자력 산업 내 원자력 전공 인력 수급 현황에 대해서 분석한다. 원자력 전문인력 수급 현황 분석은 2장에 기술한다.

### (2) 원자력 정책 분석 및 원전산업 발전 시나리오 도출

국내 탄소중립 달성 기반 원전산업 발전 시나리오, 소형모듈원전(SMR) 시장 창출에 따른 발전 시나리오, 글로벌 원전산업 도약에 따른 발전 시나리오를 구체화하고, 각 시나리오에 따른 인력수급 영향을 분석한다. 원전산업 발전 시나리오는 3장에, 각 시나리오별 인력수요 영향은 4장에 기술한다.

### (3) 원자력 인력수요 전망 분석

원자력 인력수급 분석을 위한 시스템다이나믹스 모델을 개발하고, 원자력 산업계, 연구계, 규제계의 인력수요를 전망한다. 4장에서는 원자력 발전 시나리오별 인력 수요 분석 결과를 제시한다.

### (4) 대학 원자력 전공 인력 배출 전망 분석

대학 인력 배출 전망을 분석하고 수요인력 배출 방안을 도출한다. 5장에서는 학령인구 감소를 고려한 인력 배출 여건에 대해서 짚어보고, 주요 가정 사항을 바탕으로 학위 과정 별 졸업생 수를 예측한다. 이를 기반으로 원자력 전공 인력 배출 전망에 대한 시나리오 분석을 진행한다.

### (5) 인력 수급 전망 종합 분석 및 정책 제언

4장과 5장에서 분석한 원자력 산업 인력 수요 전망과 대학 원자력 전공 인력 배출 전망을 바탕으로 6장에서는 인력 수급 전망에 대한 종합적 분석을 수행한다. AI 기술 도입에 따른 원전 산업 노동 수요 변화 가능성을 진단하고, 인력 수요 대응을 위한 대학의 원자력 전문 인력 공급 활성화 방안을 제시한다.

## II. 국내 원자력 전문인력 수급 현황

### 1. 분석 배경

원자력 산업의 지속가능한 발전을 위해서는 안정적인 인력 수급 생태계의 구축이 필수적이다. 특히 소형모듈원전, AI 기반 운영, 노후 원전 해체 등 미래 산업 환경 변화에 선제적으로 대응하기 위해서는 중장기 인력 수요를 예측하고 적기에 공급하기 위한 전략 수립이 필요하다. 한편 미래의 원자력 전문인력 수요-공급을 맞추기 이전에, 그 기초자료로서 과거부터 현재까지의 원자력 전공 인력 수급 동태를 객관적으로 진단하고 인력 수급 구조의 건전성을 진단할 필요성이 있다.

본 장에서는 한국원자력산업협회에서 발간하는 「원자력산업실태조사」 [1,3]를 참고하여 특정 분야나 학력에서의 인력 분포가 어떠한지, 청년층의 신규 유입과 시니어 인력의 은퇴/재고용 흐름은 균형을 이루고 있는지 등을 살펴본다. 또한 원자력 전공 인력의 원자력 산업계 유입이 적절한 수준으로 이루어지고 있는지 분석한다. 이를 통해 향후 인력 수요 예측의 정확성을 높이고, 실효성 있는 인력 양성 및 수급 정책을 수립하는 기초자료로 활용하였다.

### 2. 원자력 산업 인력 현황

#### 2.1. 원자력 산업 인력 및 매출 추이

지난 20년간 국내 원자력 산업은 인력과 대내외 환경 변화에 따라 인력과 매출 규모가 등락을 함께하며 변화를 겪어왔다. 그림 2-1은 원자력 산업 전체 인력의 추이와 함께 산업 내 원자력 전문학사 이상 전공 인력의 수와 비중 추이를 보여준다. 그림 2-1을 통해, 전체 원자력 산업 인력은 2000년대 중반 2만 1천여 명 수준을 유지하다가, 2009년을 기점으로 급증하여 2016년 37,232명으로 정점을 기록했음을 알 수 있다.

그림 2-2는 2014년부터 2023년까지의 원자력 산업의 매출 추이를 보여준다. 그림은 문재인 정부 기간인 2017년부터 2021년까지의 조정기를 거쳐, 2023년에는 매출 32조 1,556억 원으로 다시 산업 규모가 확대되는 회복세를 보이고 있음을 보여준다. 그림 2-1의 산업 인력 추이와 그림 2-2의 매출액 추이를 연결해 보면, 2017~2021년의 조정기 기간에는 매출액 감소와 함께 원자력 산업 인력도 줄어들었으며, 2022년부터는 고용이 점진적으로 늘기 시작하여 2023년에는 인력 36,107명을 기록하였다.

주목할 점은 2015년부터의 원자력 산업의 위기 및 회복 과정에서 단순한 인력 수의 변동을 넘어, 핵심이 되는 원자력 전공 인력의 비중이 꾸준히 상승하고 있다는 것이다. 2014년 6.4%에 불과했던 전공 인력 비중은 2023년 9.3%까지 증가하였다. 이는 현재 원자력 산업이 매출과 인력의 양적 확장뿐만 아니라, 전문인력 중심의 인력 구성을 통한 질적 성장을 동시에 달성하고 있음을 보여준다.

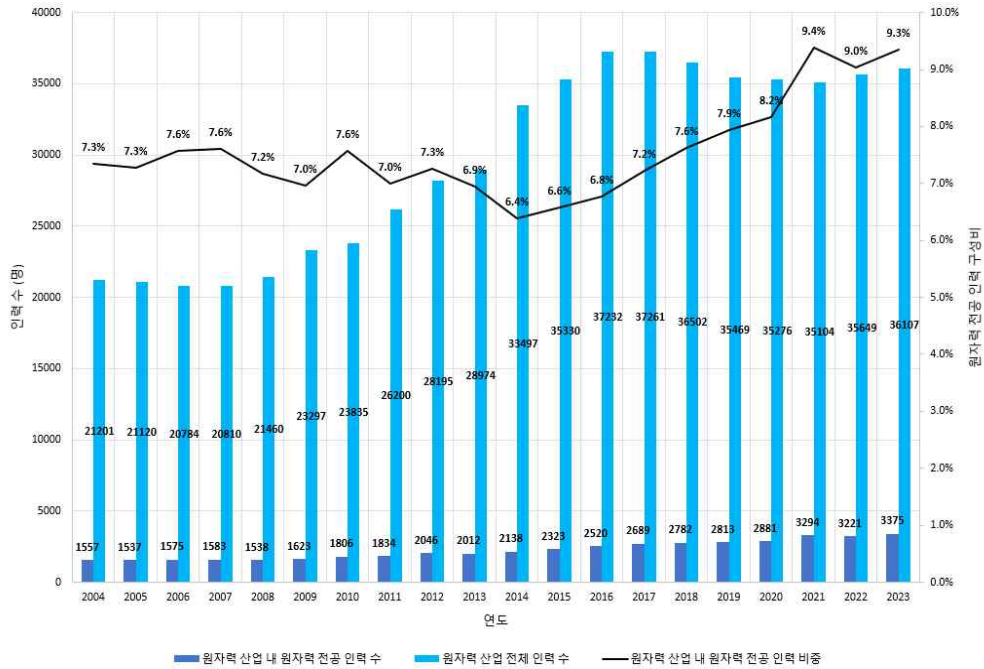


그림 2-1. 원자력 산업 전체 인력 및 원자력 전공 인력 구성비 추이

출처: 원자력산업실태조사 자료 기반 자체 분석



그림 2-2. 10년간 원자력 산업분야 매출액 추이

출처: 2023년도 원자력산업실태조사

## 2.2. 원자력 산업 분야별 인력 분포 현황

원자력산업실태조사의 분류체계상 원자력 산업은 크게 원전 건설·운영, 원자력 안전, 원자력 연구, 원자력 지원, 비파괴시험(NDT) 및 기타의 5가지 분야로 분류된다. 이중 원전 건설·운영분야는 원자력 산업 전체인력의 약 60%가 종사하는 분야로 다시 설계, 건설, 기자재제조, 원전 운영·보수의 4개 소분야로 구성된다.

그림 2-3은 최근 10년간 원전 건설·운영 분야의 인력 추이를 보여준다. 세부적으로 살펴보면 원전 설계인력은 큰 변동없이 균일한 수준을 유지한 반면, 원전 건설 및 기자재

제조 인력의 경우 신규 원전 건설 감소의 영향으로 뚜렷한 하락세를 나타냈다. 이와 대조적으로 원전 운영·보수 인력은 2023년 기준 원전 건설·운영 인력의 절반에 이를 정도로 급성장하였는데, 이는 신규 원전 건설 완료 후 가동중인 원전이 늘어남에 따라 운영 및 정비 수요가 확대된 결과로 분석된다.

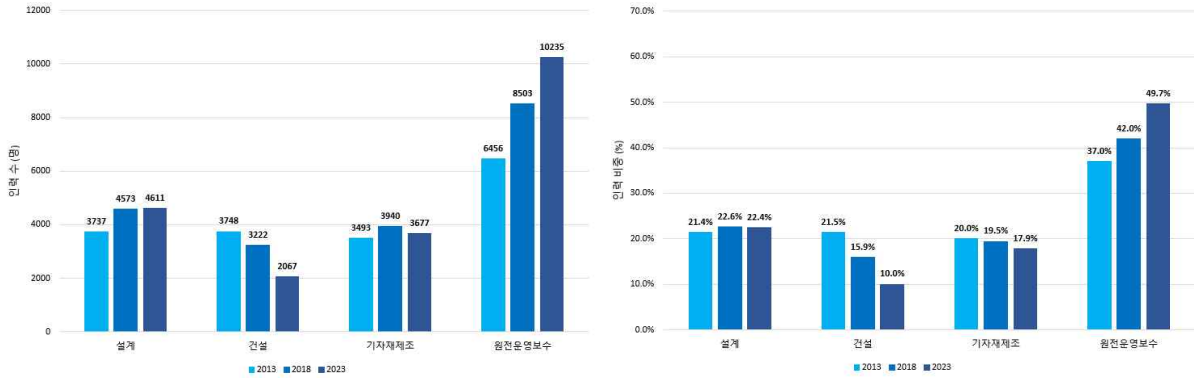


그림 2-3. 원전 건설·운영분야 인력 추이

출처: 원자력산업실태조사 자료 기반 자체 분석

그림 2-4를 통해 원자력 산업 전체 인력 추이를 살펴보면, 원자력 안전 분야를 제외한 전 영역에서 인력 수가 증가하는 경향을 보인다. 특기할 점은 2018년 원자력 안전 분야 인력이 일시적으로 급증했다는 것인데, 이러한 현상은 동 기간 원전 건설·운영 및 원자력 연구 분야의 인력 비중이 상대적으로 축소되어 보이는 기저 효과로 작용하였다.

지난 기간의 추세로 미루어 보아, 향후 국내 신규원전 건설과 해외 원전 수출, SMR 도입이 가시화될 경우 원자력 산업 인력은 새로운 확장 국면을 맞이할 것으로 보인다. 대규모 프로젝트가 개시됨에 따라 산업 전체 인력 규모가 증가함과 동시에, 그간 상대적으로 위축되었던 원전 건설·운영 분야의 인력 비중이 재차 확대될 것으로 예상된다.

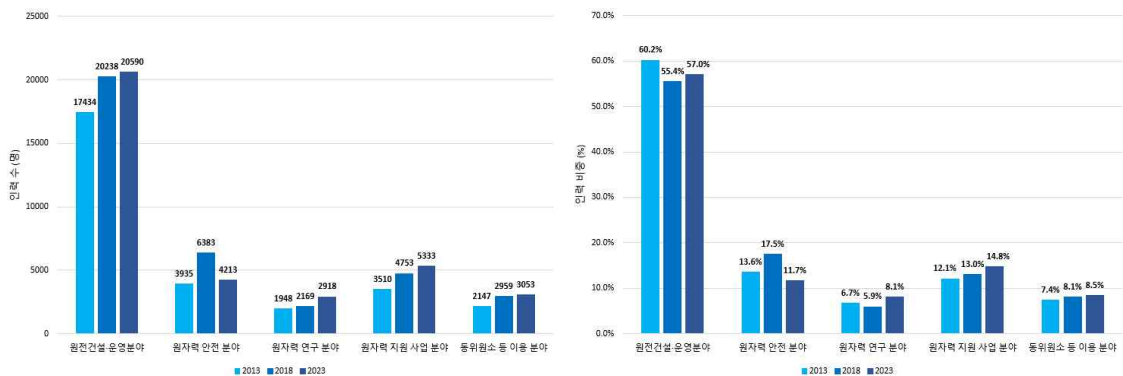


그림 2-4. 원자력 산업 전체 분야 인력 추이

출처: 원자력산업실태조사 자료 기반 자체 분석

### 2.3. 원자력 산업체 연령별 인력 구조

원자력 산업 생태계의 연령별 인력 구조 분포를 살펴보기 위하여, 산업 내 주요 주체별 인력 구성 변화를 연령대별로 세분화하여 살펴보았다. 분석 결과, 산업 전반에 걸쳐 인력의 고령화가 진행되고 있음이 확인되었다.

#### 가. 발전사업자

그림 2-5는 원자력 발전사업자의 연령별 인력 수와 비중 추이를 나타낸 것이다. 원자력 발전사업체에 종사하는 인원은 2013년 총 9,065명에서 2018년 12,579명으로 3,514명 증가하며 뚜렷한 인력 증가세를 나타냈다. 특히 20~30대 인력의 경우 2018년 기준 전체의 50.3%를 차지하며 젊은 조직 구성을 보이는 것을 확인할 수 있다. 그러나 2023년 기준 30대 이하의 비중은 44.2%로 6.1%p 감소한 반면, 40대 이상, 특히 50대 인력의 비중이 25.0%까지 급격히 증가하는 추세로 전환이 발견되었다. 이는 2018년 전후 입사한 인력의 일부 이탈이나 채용 규모 축소의 영향으로 해석되며, 향후 조직 내 허리 역할을 할 30~40대의 실무 책임자 및 중간 관리자급 인력 확보에 공백이 발생할 우려를 낳고 있다.

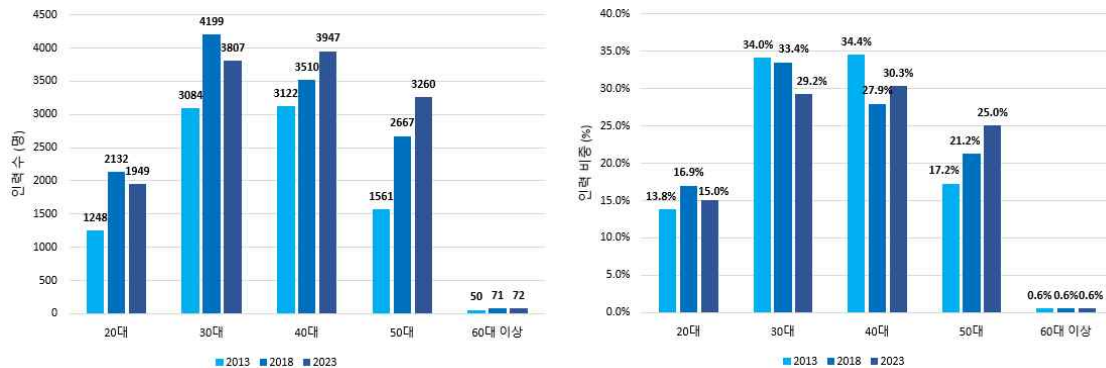


그림 2-5. 원자력 발전사업자 연령별 인력 추이

출처: 원자력산업실태조사 자료 기반 자체 분석

#### 나. 공급산업체

기자재 제조 및 설계 등을 담당하는 공급산업체에서도 인력 고령화 문제가 나타난다. 그림 2-6의 원자력 공급산업체 연령별 인력 추이에서 확인할 수 있는 것처럼, 2018년까지 신규 원전 건설 및 수출이 정점에 달했을 때 대거 유입된 20대~30대 청년 인력은 이후 프로젝트가 축소됨에 따라 급격한 감소를 보였다. 반면, 40대 이상의 숙련 인력의 비중 26.8%에서 30.2%로 증가하고 60대 이상 시니어 인력의 재고용이 4.4%에서 7.2%로 늘어나는 등, 청년층 유입 단절과 고령층 의존 심화가 뚜렷해지고 있다.

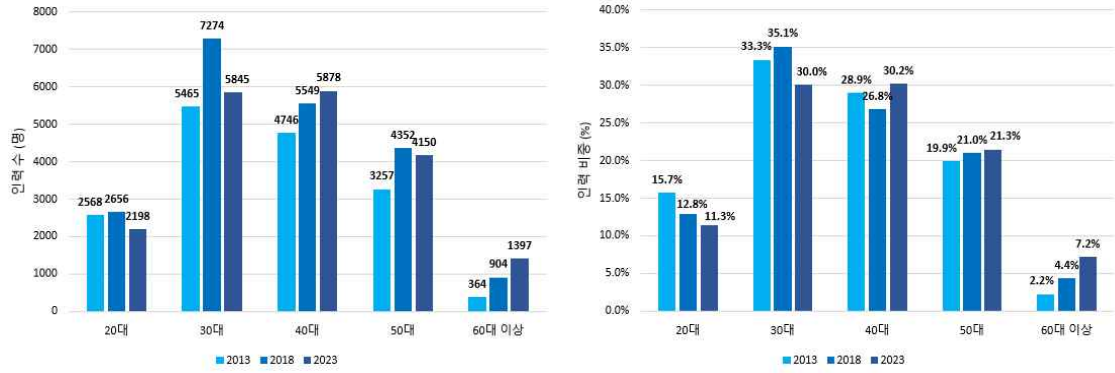


그림 2-6. 원자력 공급산업체 연령별 인력 추이

출처: 원자력산업실태조사 자료 기반 자체 분석

### 다. 연구·공공기관

연구·공공기관의 연령별 인력 추이는 이전의 두 산업 분야와는 다소 상이한 흐름을 보이고 있다. 그림 2-7은 연구·공공기관에 대한 연령별 인력 추이를 보여준다. 가장 눈에 띄는 점은 50대 인력의 급격한 이탈과 함께, 30대와 40대를 중심으로 인력 구성이 재편되고 있는 양상이 확인된다는 점이다. 반면, 20대 인력의 경우 2018년 기준 9.9%에서 2023년 5.9%로 급격한 감소를 보였는데, 이는 해당 분야에서 채용 연령대가 상향되었을 가능성과 함께 신규 채용이 부진했거나 신규 인력 확보에 어려움이 있었을 가능성을 시사한다.

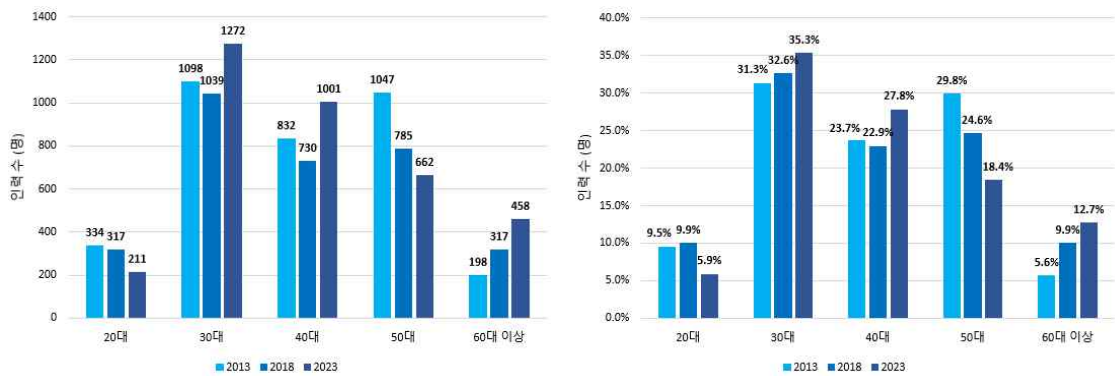


그림 2-7. 원자력 연구·공공기관 연령별 인력 추이

출처: 원자력산업실태조사 자료 기반 자체 분석

### 3. 원자력 산업 내 원자력 전공 인력 수급 현황

앞에서 원자력 산업계의 인력 현황을 살펴보았으며, 이 절에서는 원자력 산업의 핵심 전문 인력인 원자력 전공 인력의 수급 현황에 대해서 살펴본다.

#### 3.1. 원자력 산업 내 원자력 전공 인력 추이

원자력 산업 내 학사 이상 원자력 전공 인력 수는 최근 10년간 연 평균 6.2%의 증가율을 보였다. 표 2-1과 그림 2-8의 산업 내 원자력 전공자 학위별 인력 추이를 살펴보면, 전체 원자력 전공자 중 학사 인력은 2014년 890명, 비중 47.9%에서 2023년 1,718명, 비중 54.4%로 전체 원자력 전공 인력에서 차지하는 비중이 6.5%p 증가하며 과반을 넘어섰다. 반면, 박사 인력 비중은 2014년 404명, 비중 21.7%에서 2023년 548명, 비중 17.4%로 인력의 수는 증가하였으나 비중은 4.3%p 감소하였다.

그림 2-9는 원자력 산업 전체의 학위별 종사자 대비 원자력 전공자의 점유율을 나타낸 것이다. 이를 살펴보면 지난 10년간 학사, 석사, 박사 등 모든 학위 과정에서 산업 내 원자력 전공자 비중은 전반적으로 상승 곡선을 그리고 있다. 따라서 앞서 언급한 ‘전공자 내 박사 인력 비중 감소’ 현상은 박사급 전문 인력의 채용 규모가 축소된 것이 아니라, 원자력 전공 인력에 대한 채용이 확대되는 과정에서 학사 학위 소지자 증가가 상대적으로 컸기 때문으로 해석된다.

표 2-1. 원자력 산업 내 학사 이상 원자력 전공 인력 추이

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
학사	890	1003	1096	1164	1202	1223	1247	1596	1515	1718
석사	564	600	673	757	771	829	866	915	946	892
박사	404	416	363	420	480	499	516	501	528	548
합계	1858	2019	2132	2341	2453	2551	2629	3012	2989	3158

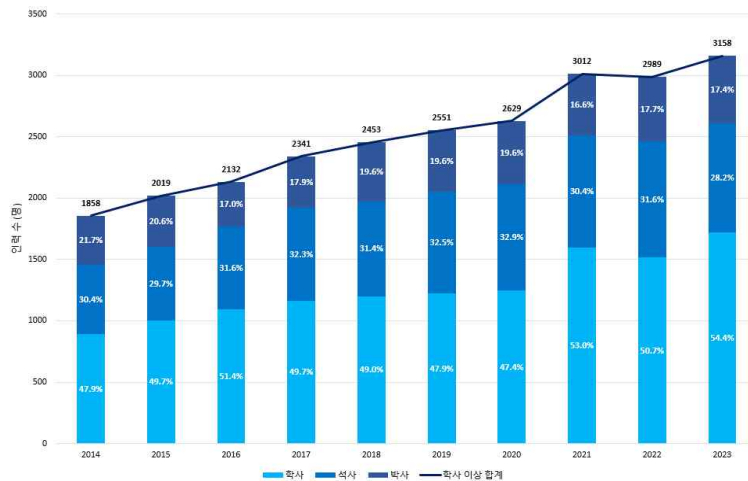


그림 2-8. 원자력 산업 내 원자력 전공자 학위별 인력 추이

출처: 원자력산업실태조사 자료 기반 자체 분석

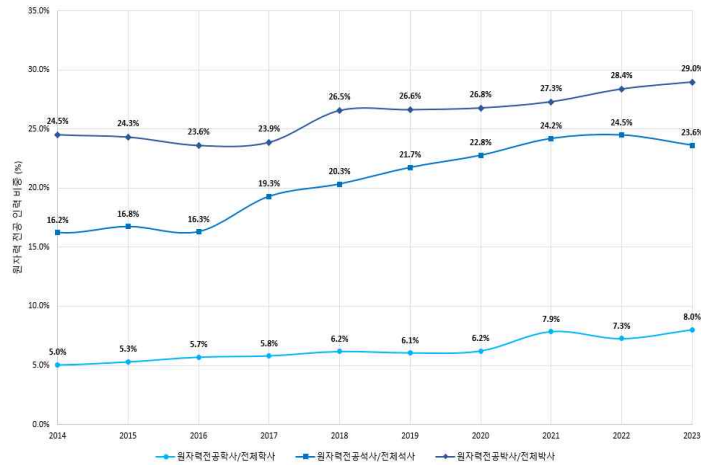


그림 2-9. 원자력 산업 내 학위별 종사자 중 원자력 전공자 비중 추이

출처: 원자력산업실태조사 자료 기반 자체 분석

### 3.2. 대학의 원자력 산업 인력 배출 현황

최근 10년간 대학의 원자력 전공 인력 배출 규모는 학부 졸업생 연평균 375.1명, 대학원 졸업생 연평균 217.3명 선의 비교적 균일한 수준의 배출 실적을 나타내고 있다. 그러나 학력별로 실제 원자력 산업계에 유입되는 양상은 뚜렷한 차이를 보이는데, 이를 채용 실적과 학력별 취업률·진학을 추이를 통해 분석하였다. 표 2-2는 최근 10년간 원자력 전공 학부·대학원 졸업생 배출 실적이다.

표 2-2. 최근 10년간 원자력 전공 졸업생 수

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
학부	358	344	350	390	404	366	364	439	358	378
대학원	195	200	175	230	253	224	233	208	213	242

#### 가. 학사 인력 배출 현황

그림 2-10은 원자력 산업 내 원자력 전공 학사 졸업생 수와 채용 실적을 나타낸 것이다. 학사 졸업생은 최근 10년간 매년 350~400명 내외의 수준을 유지하고 있으며, 신규 채용 실적은 전반적으로 증가세를 보이고 있다. 학사급 채용에서는 경력 채용 실적이 신규 채용 실적을 상회하는 시기가 빈번하게 나타나는 것을 알 수 있는데, 이는 2.3절에서 확인한 원자력 발전사업자 및 공급산업체의 고령화(40대 이상 인력 비중 증가, 20대 인력 비중 축소)에 영향을 준 요인이 되었을 것으로 보인다.

한편 학사 졸업생 중 원자력 산업계로 유입되는 비율은 그림 2-11에서 알 수 있듯이 15%를 밑도는 수준에 머무르고 있으며, 타 분야로의 이탈 및 미취업자 비율이 과반수를 차지하는 현상이 지속되고 있다.

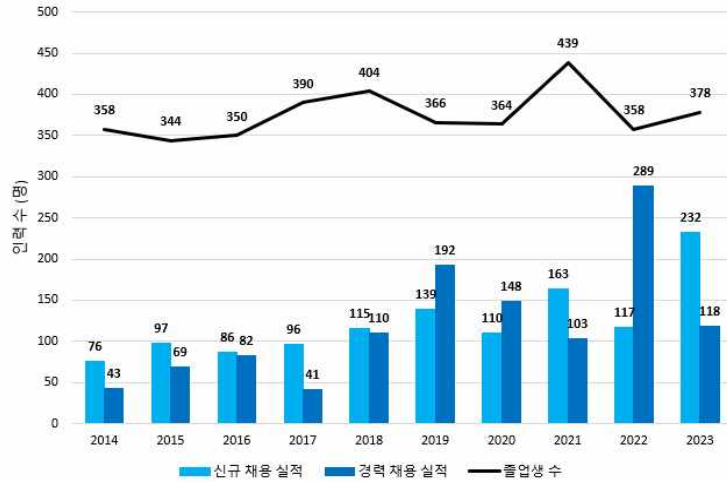


그림 2-10. 원자력 산업 분야 원자력 전공 학사 졸업생 수 및 채용 실적

출처: 원자력산업실태조사 자료 기반 자체 분석

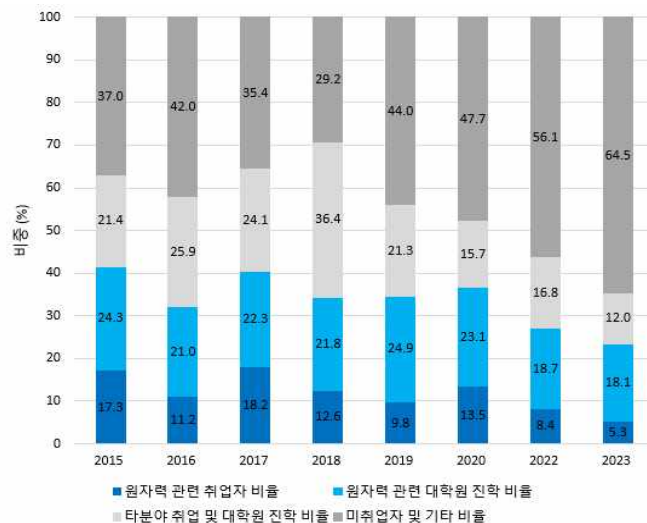


그림 2-11. 원자력 전공 학사 졸업생 취업률·진학률 추이<sup>1)</sup>

출처: 원자력산업실태조사 자료 기반 자체 분석

#### 나. 석사 이상 인력 배출 현황

석사 이상 졸업생은 학사 졸업생 대비 원자력 관련 산업체 취업률이 상대적으로 양호한 수준을 보인다. 그림 2-12는 원자력 전공 석사 이상 졸업생의 수와 채용 실적을 나타내고 있는데, 매년 200여 명 내외의 졸업생을 배출하고 있으며 학사 채용과 달리 신규 채용이 경력 채용을 꾸준히 상회하고 있는 것을 관찰할 수 있다. 이러한 흐름은 석·박사 학위자가 주축을 이루는 연구·공공기관의 인력 구성이 30대와 40대를 중심으로 재

1) 원전산업실태조사의 연도별 원자력전공인력 취업/진학 현황 자료를 참고하였으며, 2021년 현황 자료가 누락되어 해당 기간의 데이터는 제외되었다. 취업 분야는 기업체(공기업 포함), 정부 출연 연구소, 협/단체(공무원 포함)로 구성되어 있다. 졸업생 취업 확인이 불가능한 경우 미취업자로 분류되어 있으며, 2022년 이후의 현황 자료에서 졸업생 취업 및 진학현황 파악이 불가능한 인원이 증가하였으므로 자료 해석에 주의가 필요하다.

편되는데 기여했을 것으로 판단된다.

그림 2-13은 석사 이상 졸업생 취업률 추이를 나타낸다. 미취업율은 2015년에 비해 2016년부터 증가하여 2019년과 2020년에 일시적으로 감소하였으나, 2022년과 2023년에는 석사 졸업생의 경우 평균 42%, 박사 졸업생의 경우 평균 49%의 미취업율을 보여 석사 이상 졸업생의 취업 적체가 발생하고 있음을 알 수 있다. 이때, 석사 졸업생의 경우 대학원 진학 비율이 2016년 이후 점차 증가하여 2020년 30%대 초반에 이르는 등, 박사 과정 진학을 통해 전문성을 고도화하려는 경향이 확인된다. 박사급 인력 수요는 학사·석사 졸업생과 달리 비교적 높은 변동성이 드러나고 있는데, 이는 일반 채용보다는 R&D 예산이나 대형 국책 프로젝트 등 외부 정책적 요인에 민감하게 반응하는 특징에서 기인할 것으로 판단된다.

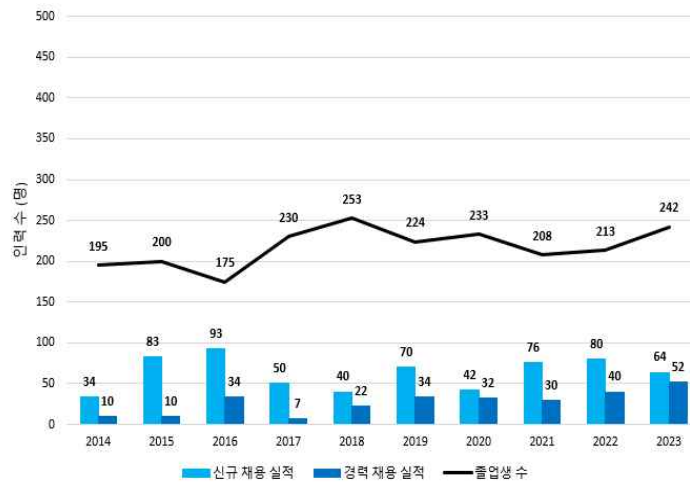


그림 2-12. 원자력 산업 분야 원자력 전공 석사 이상 졸업생 수 및 채용 실적

출처: 원자력산업실태조사 자료 기반 자체 분석

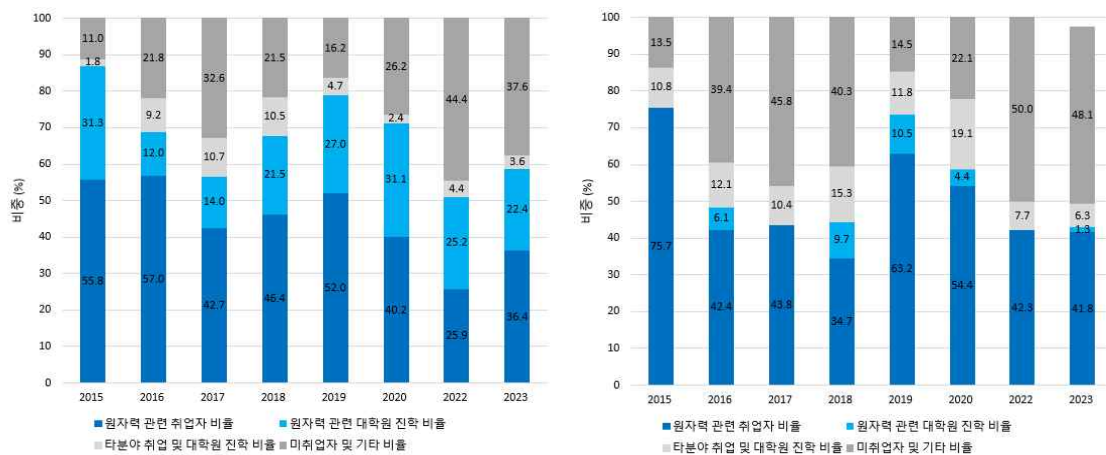


그림 2-13. 원자력 전공 석사(좌)-박사(우) 졸업생 취업률·진학을 추이2)

출처: 원자력산업실태조사 자료 기반 자체 분석

#### 4. 종합 진단 및 시사점

지난 10년간 국내 원자력 산업은 매출과 인력 규모면에서 ‘양적 성장’ 과 함께 원자력 전공 인력 비중 확대라는 ‘질적 성장’ 을 동시에 달성했다. 또한 산업의 무게중심이 신규 원전 건설에서 가동 원전의 운영 및 보수로 이동하는 등 산업 구조의 변화가 이루어졌다.

그러나 이러한 성장의 이면에는 산업 전반에 걸친 인력 고령화와 허리 계층의 약화에 따른 미래 산업 동력 저하 우려, 그리고 학사 인력의 타 분야 이탈 및 미취업, 원전 정책과 R&D 및 건설 프로젝트 수주 여부에 따른 채용 수요 변동성과 수급 불안정 등의 구조적 취약점이 자리잡고 있다.

향후 국내 신규 원전 건설 재개, 원전 수출, SMR 도입 등은 원자력 전문 인력 수요를 견인하는 결정적인 변수로 작용하게 될 것이다. 그러나 그 실현 시기나 규모에 변동성이 존재하는 만큼, 단순히 인력 규모를 늘리는 1차원적 접근보다는 불확실성에 유연하게 대처 가능한 탄력적인 인력 수급 체계 마련이 요구된다. 아울러 인력 고령화와 수급 불안정이라는 난제를 해결하기 위하여, 중장기적 관점의 정교한 인력 양성 정책 수립이 시급하다.

### Ⅲ. 원전 산업 발전 시나리오

#### 1. 시나리오 설정의 배경 및 기준

원자력 인력 수요를 합리적으로 예측하기 위해서는 국내외 원전산업의 향후 발전 전망을 시나리오 형태로 구체화할 필요가 있다. 본 연구에서는 국내 원전 정책, 해외 원전 수출 전망, SMR 상용화 시기 등을 종합적으로 고려하여 비관, 기준, 낙관의 세 가지 시나리오를 설정하였다.

##### 1.1 시나리오 설정 기준

원전산업 발전 시나리오는 다음과 같은 기준을 바탕으로 설정하였다.

- ① 국내 원전 사업은 2038년까지 제11차 전력수급기본계획을 기본으로 가정하고, 2050년까지 원전의 발전 비중에 차등을 두어 비관, 기준, 낙관 시나리오를 구성한다. 이때, 발전 비중은 기존 원전의 계속운전 기간과 신규원전 건설 주기를 조정하는 방식으로 차별화한다.
- ② 대형원전 건설사업 기간은 2개 호기 동시 건설을 가정하고 신한울 1, 2호기 사업 기간을 기준으로, 첫 호기는 8년, 두 번째 호기는 9년으로 산정한다. SMR의 건설 기간은 최초호기 6년, 후속 호기는 5년으로 가정한다.
- ③ 해외 수출 사업의 경우 체코 원전 2기 수주를 확정 사업으로 가정하고, 이후 추가 수출 물량을 시나리오별로 차별화하였다. 해외사업의 건설 기간은 국내와 동일하게 적용한다.
- ④ SMR의 상용화 시기는 제11차 전력수급기본계획에 반영된 2034년 초도호기 상업운전을 기준으로 하며, 이후 추가 건설 주기를 시나리오별로 달리 설정한다.

##### 1.2 원자력 인력수요 가정

원자력 산업 생태계는 크게 원자력 발전사업자, 원자력공급산업체, 연구·공공기관의 세 개 주체로 구성되며, 각각의 인력 수요 형성 메커니즘은 다르게 접근될 수 있다. 한국수력원자력(주)(이하 한수원) 등 원자력발전사업자의 인력 수요는 원자력 발전소의 건설 및 운영 업무에 의해 직접적으로 결정되는 반면, 원자력공급산업체는 매출액 또는 비용 구조에, 연구·공공기관은 연구개발 등의 예산에 의해 주로 결정된다. 산업 주체별 인력수요 가정은 4장에서 자세히 다루어지며, 여기서는 발전소 건설에 따른 한국수력원자력의 프로젝트 관리 인력수요 가정에 대해 기술한다.

대형원전의 건설 단계별 한수원의 프로젝트 관리 등을 위한 인력 수요는 선행연구[4]를 기반으로 자체 조사를 통해 가정되었다. 대형원전 2기가 동시 건설되는 건설사업에 대한 한수원 투입인력은 표 3-1과 같으며, 총 9년의 사업기간 동안 단계별로 투입인력

이 변화한다. 1년차 시공준비 및 부지정지 단계에서는 약 50명의 인력이 투입되며, 기초 굴착 단계인 2년차에는 70명으로 증가한다. 3년차 최초콘크리트타설 단계부터 본격적인 건설이 시작되어 110명이 투입되며, 4년차와 5년차 원자로설치 단계에서는 각각 180명으로 최대 수준에 달한다. 6년차 수압시험 단계에서는 205명으로 정점을 이루며, 7년차 선행호기 연료장전 단계에서도 205명이 유지된다. 8년차 후행호기 연료장전 단계에서는 140명으로 감소하고, 9년차 후행호기 준공 단계에서는 105명으로 마무리된다.

표 3-1. 대형원전 건설사업 기간별 한국수력원자력 투입인력 (112개월)

연차	주요공정	기간(개월)	인력(명)	구분
1년차	시공준비~부지정지	12	50	준비단계
2년차	~기초굴착	10	70	건설단계
3년차	~최초콘크리트타설	8	110	”
4년차	~원자로설치	28	180	”
5년차			180	”
6년차	~수압시험-6개월전	18	205	”
7년차	~선행호기연료장전	16	205	”
8년차	~후행호기연료장전	12	140	”
9년차	~후행호기준공	8	105	”

SMR의 경우, 인력 수요 규모가 명확하게 정립되어 있지 않아, 혁신형 SMR(680 MWe 기준)에 대한 프로젝트 관리 인력 수요는 출력 비율에 해당하도록 대형원전 인력 규모의 30% 수준으로 가정하였다.

## 2. 시나리오 설정

### 2.1 기준 시나리오

기준 시나리오는 2050년까지 현재의 원자력 발전 비중과 유사한 수준을 유지하는 시나리오이며, 2050년 기준 원자력 발전비중은 27.7%, 설비용량은 46.84 GW를 전망한다.

#### (1) 기준 원전 계획

- 20년 계속운전 적용
- 2050년 기준 기존 원전의 발전 비중: 13.7% (설비용량 23.20 GW)

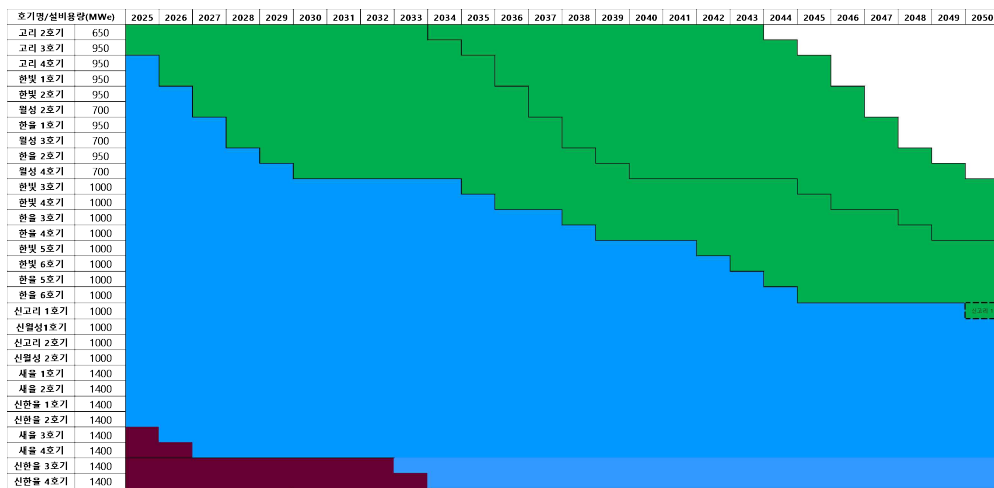


그림 3-1. 기준 시나리오의 기존원전 운영안(20년 계속운전, 설비용량 23.2GW)

#### (2) 신규 원전 계획

- 신규 대형원전(1,400 MWe/호기): 2030년부터 매 2년마다 2기씩 착공, 이 경우 2030년부터 2042까지 14기의 대형원전 건설을 위한 대형원전단지(최대 8기)용 부지 2개 확보가 필요함.
- SMR(680 MWe/기): 제11차 전력수급기본계획(이하 전기분)의 초도호기 건설과 함께, 2033년부터 매 2년마다 1기씩 착공

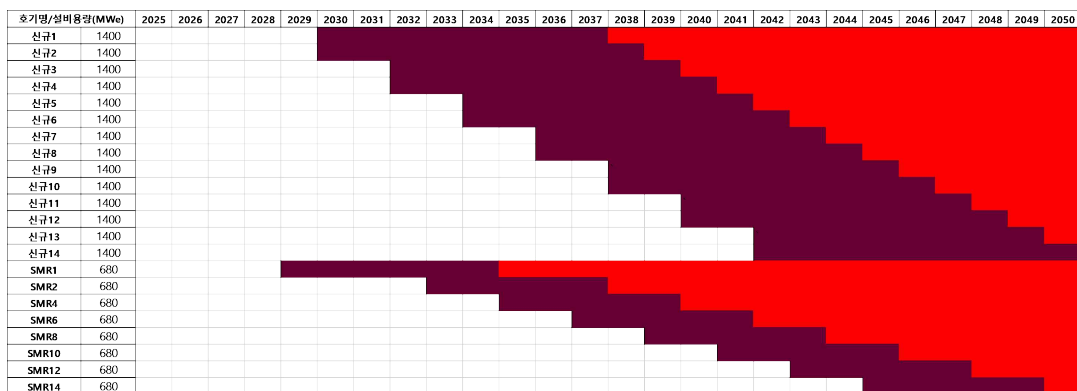


그림 3-2. 기준 시나리오의 신규원전 건설안(매 2년 대형원전 2기 건설, SMR 1기 건설)

### (3) 원전 수출 계획

- 체코 원전 2기: 2028년 착공
- 추가 수출: 2031년부터 매 4년마다 2기씩 착공
- 2050년까지 총 12기 수출

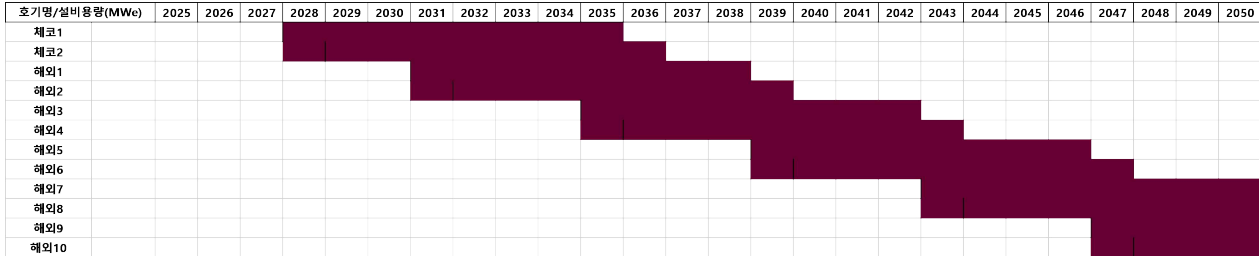


그림 3-3. 기준 시나리오의 원전 수출 계획(매 4년 대형원전 2기 수출)

## 2.2 낙관 시나리오

낙관 시나리오는 원전산업의 적극적 확장을 가정하며, 2050년까지 원자력 발전 비중 45.1%, 설비용량 76.17 GW 달성을 목표로 한다.

### (1) 기존 원전 계획

- 20년 이상 계속운전 적용
- 2050년 기준 기존원전의 발전비중: 18.7% (설비용량 31.65 GW)

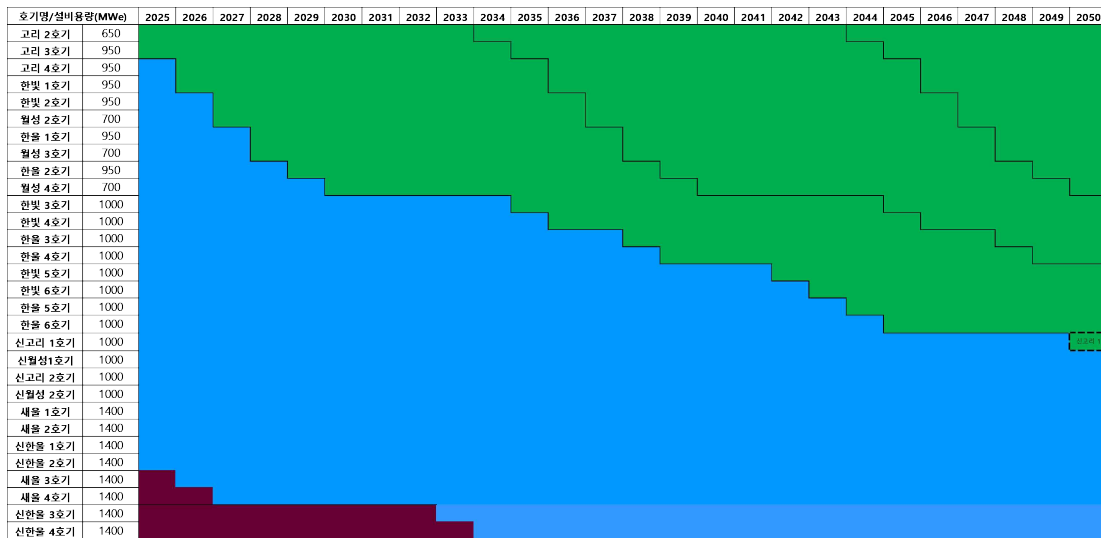


그림 3-4. 낙관 시나리오의 기존원전 운영안(20년 이상 계속운전, 설비용량 31.7GW)

### (2) 신규 원전 계획

- 신규 대형원전(1,400 MWe/호기): 2030년부터 매년 2기씩 착공
- SMR(680 MWe/기): 제11차 전기본의 초도호기 건설과 함께, 2033년부터 매년 1기씩 착공, 이 경우 2030년부터 2042까지 26기의 대형원전 건설을 위한 대형원전단지(최대 8기)용 부지 3~4개 확보가 필요함.

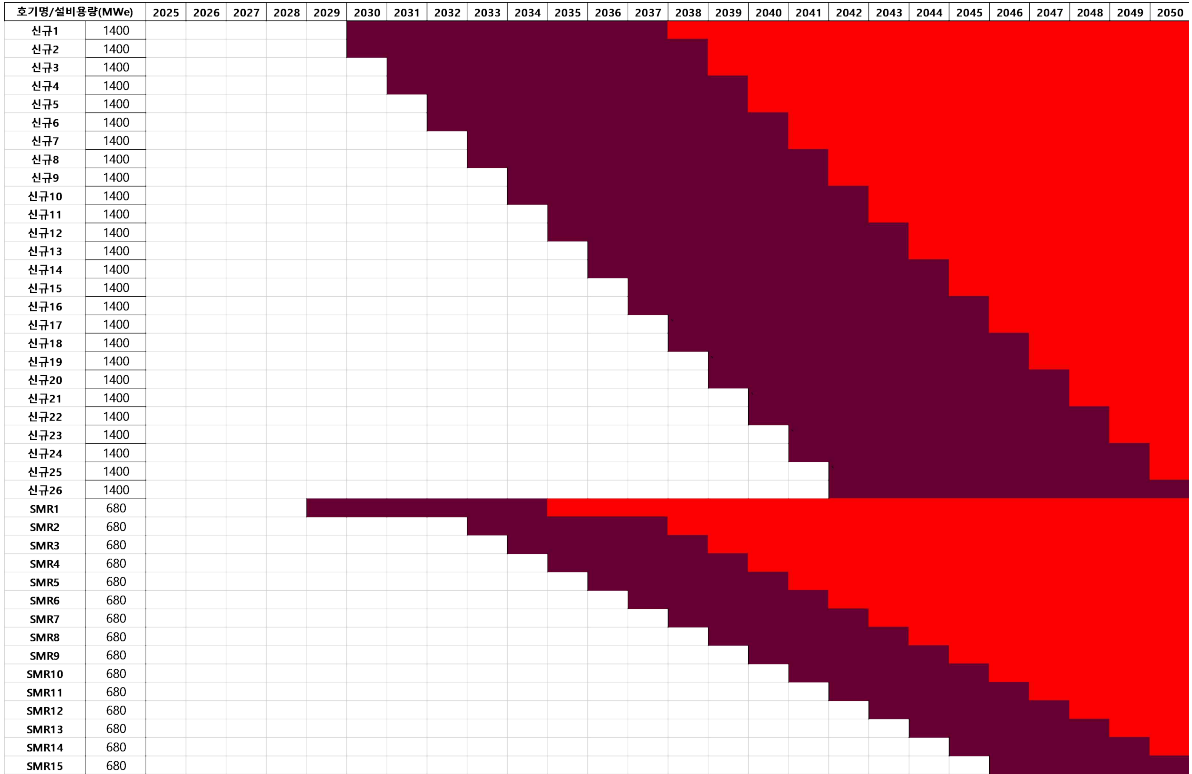


그림 3-5. 낙관 시나리오의 신규원전 건설안(매년 대형원전 2기 건설, SMR 1기 건설)

(3) 원전 수출 계획

- 체코 원전 2기: 2028년 착공
- 추가 수출: 2031년부터 매 2년마다 2기씩 착공
- 2050년까지 총 22기 수출

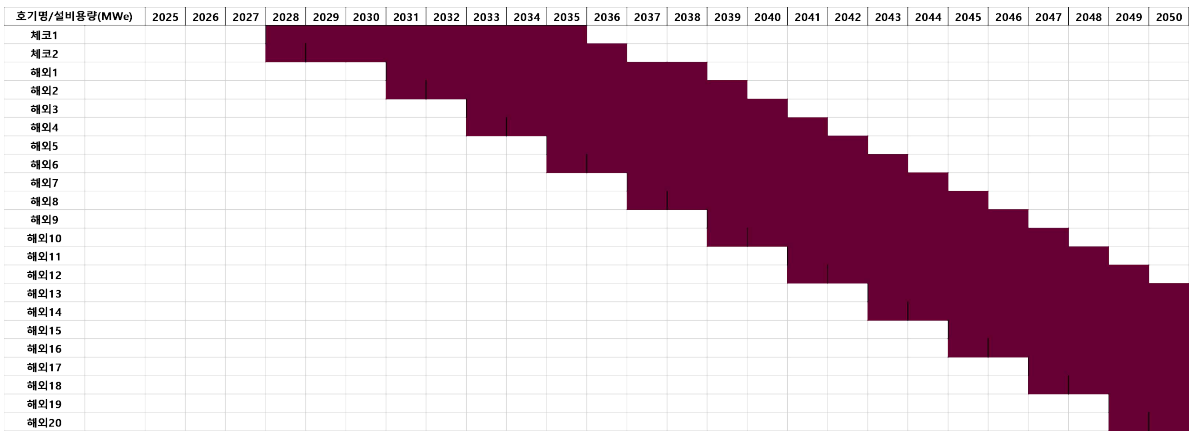


그림 3-6. 낙관 시나리오의 원전 수출 계획(매 2년 대형원전 2기 수출)

2.3 비관 시나리오

비관 시나리오는 원전 산업의 보수적 성장을 가정하며, 2050년까지 국내 원자력 발전 비중 19.2%, 설비용량 32.40 GW를 설정한다.

(1) 기존 원전 계획

- 10년 계속운전 적용
- 2050년 기준 기존원전의 발전비중: 11.4% (설비용량 19.20 GW)

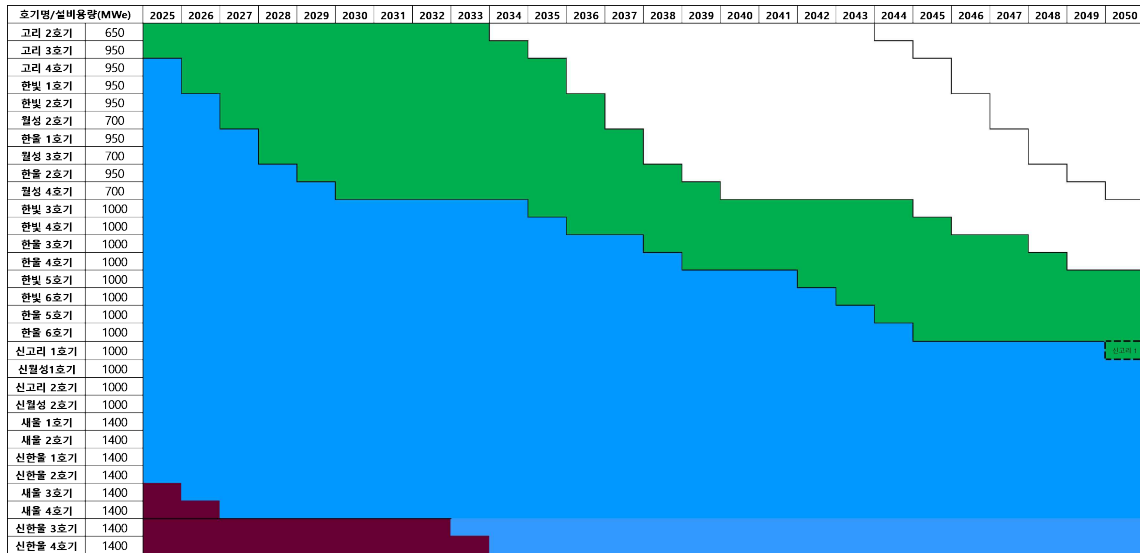


그림 3-7. 비관 시나리오의 기존원전 운영안(10년 계속운전, 설비용량 19.2GW)

(2) 신규 원전 계획

- 신규 대형원전(1,400 MWe/호기): 2030년부터 매 4년마다 2기씩 착공
- SMR(680 MWe/기): 제11차 전기본의 초도호기 건설과 함께, 2033년부터 매 4년마다 1기씩 착공, 2030년부터 2042까지 8기의 대형원전 건설을 위한 대형원전단지(최대 8기)용 부지 한 개가 필요함.

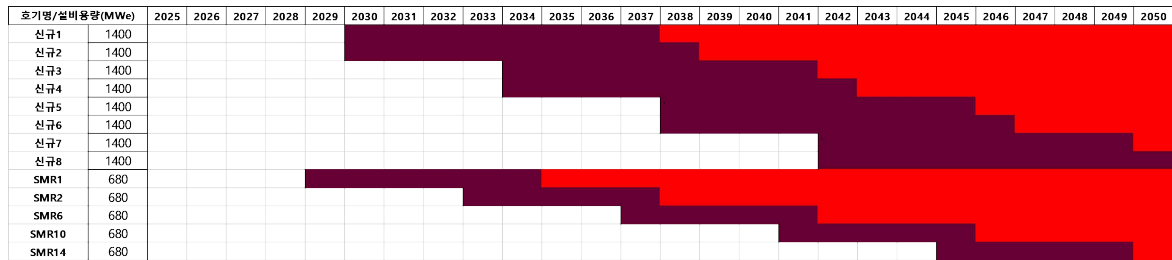


그림 3-8. 비관 시나리오의 신규원전 건설안(매 4년 대형원전 2기 건설, SMR 1기 건설)

(3) 원전 수출 계획

- 체코 원전 2기: 2028년 착공
- 추가 수출: 2031년부터 매 8년마다 2기씩 착공
- 2050년까지 총 8기 수출

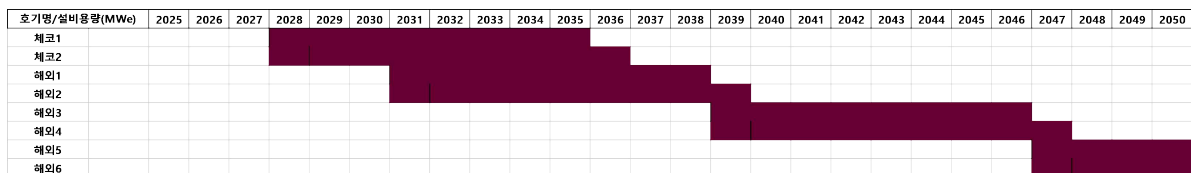


그림 3-9. 비관 시나리오의 원전 수출 계획(매 8년 대형원전 2기 수출)

## IV. 원자력 인력수요 전망 분석

### 1. 원자력 인력수요 전망의 필요성과 주요 내용

원자력 산업은 고도의 안전성과 기술 집약성이 요구되는 국가전략 산업으로서, 인력의 양적 확보뿐 아니라 전문성과 숙련도의 체계적 축적이 산업 경쟁력을 좌우하는 핵심 요소로 작용한다. 특히 원자력 분야 인력은 단기간에 양성하기 어려운 특성을 가지며, 인재 육성과 숙련 축적에는 장기간이 소요된다는 점에서 인력 수급의 구조적 불균형은 곧 산업의 안정성과 국가 에너지 안보에 직접적인 위협 요인으로 작용할 수 있다. 그럼에도 불구하고, 그간 원자력 산업 인력 수급에 대한 중장기적 전망은 단기 정책 환경 변화에 의해 단편적으로 수행되어 왔으며, 체계적인 예측 모델과 실증적 검증에 기반한 연구는 충분히 축적되지 못한 한계가 지속되어 왔다.

우리나라 원자력 산업은 도입기와 성장기를 거치며 세계적 수준의 기술력과 운전 경험을 축적해 왔으나, 최근의 에너지 정책 기조 변화, 원전 건설 중단 및 재개 논의, 인구 구조 변화, 청년층의 이공계 기피 현상, 그리고 반도체·인공지능(AI) 등 신흥 산업으로의 인재 이동 가속화 등 복합적인 환경 변화에 직면하고 있다. 이러한 구조적 변화는 단순한 일시적 인력 부족 또는 과잉의 문제가 아니라, 산업 생태계의 지속가능성을 위협하는 시스템적 위험(Systemic Risk)으로 확산될 가능성을 내포하고 있다. 특히, 원자력 산업 내외부의 급변하는 환경에서 원자력 산업의 인력 수급을 사전에 정밀하게 전망하고 이를 기반으로 인력 정책을 설계하는 선제적·예방적 노력이 필요하다.

본 장에서는 이러한 문제의식에 기초하여, 원자력 산업 인력 수요 전망을 위한 이론적·방법론적 틀을 구성하고, 실증적 모델을 통해 국내 원자력 산업이 직면할 잠재적 인력 불균형 위험을 진단하고자 한다. 이를 위해 첫째, 기존 산업 인력 수요 예측 이론을 검토하여 본 연구의 학문적 위치와 차별성을 제시한다. 둘째, 시스템 다이내믹스(System Dynamics, SD) 기반 시뮬레이션 모델을 구축하고, 과거 실측 데이터를 활용한 캘리브레이션 과정을 통해 모델의 신뢰성과 재현 가능성을 확보한다. 셋째, 낙관·기준·비관 시나리오를 적용하여 원자력발전사, 원자력 공급산업체, 원자력 연구·공공기관을 포함하는 산업 전반의 중장기 인력 수요 변화를 정량적으로 제시한다. 아울러 인력 수요 예측 결과는 다음 장에서 다루어질 인력 공급 전망과 함께, 원자력 산업 인력 규모의 적정 수준을 판단하는 핵심 근거로 활용되며, 향후 인력 수급 균형성 평가 및 정책 대안 도출을 위한 기초자료로서 기능할 것이다.

## 2. 원자력산업 인력 수요 예측 방법론

### 2.1. 하향식(Top-Down) 예측 방법론

#### 가. 개요 및 핵심 특징

하향식(Top-Down) 인력 수요 예측 방법론은 기업 또는 조직의 매출액, 예산 규모, 산업 산출량과 같은 거시경제적 지표를 독립변수로 설정하고, 이를 기반으로 인력 수요를 추정하는 대표적인 경제학적 접근법이다. 본 방법은 취업계수(Employment-Output Ratio) 및 노동생산성 지표를 핵심 매개변수로 활용하여, 산업 성장률 변화(실질 부가가치 전망)가 고용 규모에 미치는 영향을 거시적 수준에서 계량적으로 모형화한다. 미국 노동통계국(Bureau of Labor Statistics, BLS)과 한국고용정보원의 중장기 인력전망 연구는 본 접근법을 대표하는 사례로 평가되며[5], 전력 산업 및 전기공사업 분야에서도 시스템 다이내믹스(System Dynamics, SD) 기법과 결합된 형태로 인력 수요 예측에 적용된 바 있다[6][7].

#### 나. 방법론적 강점 및 실증적 근거

이 접근법의 가장 중요한 강점은 산업 성장률, 투자 규모, 생산량 변화 등 거시적 환경 변수를 인력 수요 예측 모형에 비교적 용이하게 반영할 수 있다는 점이다. 이에 따라 중장기 산업정책 변화 또는 경기 변동이 고용 규모에 미치는 영향을 구조적으로 분석하는 데 적합하다. 실증적 근거 측면에서, 원자력 산업의 최종수요 기준 고용유발계수는 10억 원당 5.5명 수준으로 보고되고 있으며, APR-1400 원전의 경우 건설 단계의 고용유발계수는 10억 원당 10.065명, 운영 단계는 10억 원당 1.763명으로 분석되어, 매출 또는 투자 규모 기반 인력 산정에 있어 경험적 근거를 제공한다[8].

#### 다. 하향식(Top-Down) 접근법의 한계

그럼에도 불구하고, 본 접근법은 다음과 같은 구조적 한계를 내포한다. 첫째, GDP 성장률, 산업별 경기 변동 등 핵심 외생변수가 본질적으로 높은 불확실성을 갖고 있어, 예측 오차(Forecasting Error)가 구조적으로 확대될 가능성이 존재한다. 둘째, 취업계수는 정책 환경, 기술혁신, 자본 투입 등 다양한 생산 요소가 복합적으로 반영된 결과지표이므로, 원자력 산업 특유의 설계-건설-운영-해체 단계별 업무구조와 직무 단위의 미시적 특성을 정밀하게 반영하는 데 근본적 제약이 있다. 셋째, 원자력 산업은 에너지 산업 내 하위 체계로 분류되어 있는데, 통계적 분석이 주로 에너지 산업 수준에 집중되어 있어 원자력과 같은 세분·세세 산업 단위까지는 체계적인 통계 구축과 분석이 충분히 이루어지지 못하고 있다는 근본적인 한계가 존재한다.

## 2.2. 상향식(Bottom-Up) 예측 방법론

### 가. 개요 및 이론적 기반

상향식(Bottom-Up) 예측 방법론은 조직이 수행하는 개별 업무(Task) 또는 관리 대상물(Object)을 최소 단위로 세분화한 후, 각 단위별 소요 인력을 산정하고 이를 체계적으로 통합(Aggregation)하여 전체인력 수요를 도출하는 접근법이다. 국제원자력기구(IAEA)가 제시한 Workforce Planning for New Power Programmes(2011) 모델은 발전소 단위 인력 계획에 본 방식을 적용한 대표 사례이며, 시스템 다이내믹스 기법과 결합된 형태로 활용되고 있다[9]. 아울러 국내에서도 개별 발전소를 기본 단위로 설정하여 원자력 산업 인력 수요를 분석한 선행연구가 보고된 바 있다[10].

### 나. 상향식 방식의 장점

본 방법은 현장 업무 단위(WBS: Work Breakdown Structure)를 기반으로 하기 때문에 조직별 기능, 기술 난이도, 직무 숙련도 수준 등 미시적 변수를 정밀하게 반영할 수 있어 높은 현실 적합성을 가진다. 특히 원자력 산업의 생애주기(Life-cycle) 특성, 즉 설계-조달-시공-운영-해체 단계별 인력 변화를 구조적으로 고려할 수 있으며, 다수의 참여 기관 및 조직 유형을 동시에 모형에 반영함으로써 예측의 정밀도를 제고할 수 있다. 또한 인력 수요 결정 변수의 시간적 변화까지 모형 내에서 유연하게 반영할 수 있다는 점에서 추가적인 강점을 가진다.

### 다. 구조적 한계

다만, 상향식 접근법은 단위 조직 및 직무별로 방대한 규모의 1차 데이터(Primary Data)를 요구하므로, 자료 확보 과정에서 상당한 비용과 시간이 소요된다는 한계를 지닌다. 또한 업무 세분화 수준(Granularity)에 관한 합리적 기준 설정이 쉽지 않으며, 다수의 하위 모형(Sub-Model)을 병렬적으로 구축해야 하므로, 분석 수행에 따른 인적, 시간적, 재정적 부담이 클 수 있다.

## 2.3. 본 연구의 제안: 혼합형 인력 수요 예측 프레임워크(Hybrid Approach)

### 가. 모델 설계의 기본 원칙

본 연구는 단일 방법론이 지니는 구조적 한계를 보완하고 예측 결과의 신뢰성과 정확성을 제고하기 위하여, 하향식(Top-Down) 방식과 상향식(Bottom-Up) 방식을 결합한 혼합형(Hybrid) 분석 전략을 채택하였다. 본 프레임워크는 거시적 지표의 추세 정보와 미시적 업무 단위 분석 결과를 상호 보완적으로 통합하는 구조로 설계되었다.

## 나. 단계별 적용 구조

### (1) 변수의 선별 : 하향식 방식의 활용

본 연구에서 하향식 방식은 인력 수요 예측 모델에서 사용될 변수를 식별하기 위해 적용되었다. 즉, 회귀분석을 통해 산출된 유의미한 변수만을 시스템 다이내믹스 모델의 변수로 적용하는 방식인데, 본 연구에서는 연구공공기관의 인력수요 추정에 대한 변수를 도출하고자 활용되었다. 연구공공기관 인력수요에 대한 회귀분석 결과 원전수와 발전용량은 유의미하지 않고 연구공공기관의 매출액(예산액)만이 유의미한 변수였다. 이러한 접근방식을 통해 인력수요 예측 모델을 비교적 간략하면서도 설명력이 높도록 만들고자 하였다.

### (2) 핵심 추정 모형(Core Estimation Model) : 상향식 방식의 적용

본 연구의 핵심 추정 도구는 에이전트 기반의 상향식(Bottom-Up) 모형이다. 분석 단위는 원자력 발전소를 기본 단위(Unit-Based)로 설정하고, 원전 호기별 운전·정비 인력, 본사 지원 인력, R&D 인력을 구분하여 산정하는 구조를 채택하였다. 또한 본 모형은 원전발전사인 한국수력원자력뿐 아니라 민간 공급산업체를 포함한 다양한 조직 유형에도 동일한 논리 구조로 적용 가능하도록 설계하여, 분석 결과의 외적 타당성(external validity)을 확보하였다.

특히, 시스템 다이내믹스 방법론을 활용하여 원자력 발전소의 계획-건설-운영-해체 전 주기를 통합적으로 모형화함으로써, 각 단계별 인력 수요 변화를 동태적으로 반영할 수 있도록 설계하였다. 본 연구는 고리 1호기부터 현재 건설 중인 새울 3·4호기, 나아가 시나리오상 향후 건설(대형 원전 및 SMR) 또는 수출 예정 발전소에 이르기까지 모든 관련 발전소를 모델 내에 포함시켜 인력 수요 산정의 기준 체계를 구축하였다. 이는 원자력 발전소 생애주기별 비선형적·비정형적 인력 수요 구조를 반영함으로써, 거시적 하향식 접근이 포착하기 어려운 미시적 변동성을 보다 정밀하게 설명하기 위한 것이다.

## 2.4. 통합 분석 체계(Integrated Analytical Framework)

본 연구는 예측 오차를 최소화하고 실증적 타당성을 확보하기 위하여, 시뮬레이션 모델(Simulation Model), 실측 데이터(Historical Data), 시나리오 접근(Scenario Approach)의 삼중 구조를 통합 분석 프레임워크로 확립하였다. 먼저, 과거 인력 통계 및 실측 자료를 활용하여 모형 파라미터를 체계적으로 보정(Calibration)하였으며, 이후 정책·산업 환경 변화를 반영한 시나리오 모듈을 적용함으로써 단기·중기·장기 인력 수요를 단계적으로 전망하였다. 이러한 구조는 정책 환경 변동성 하에서도 모델의 설명력과 예측 안정성을 동시에 제고하는데 기여한다.

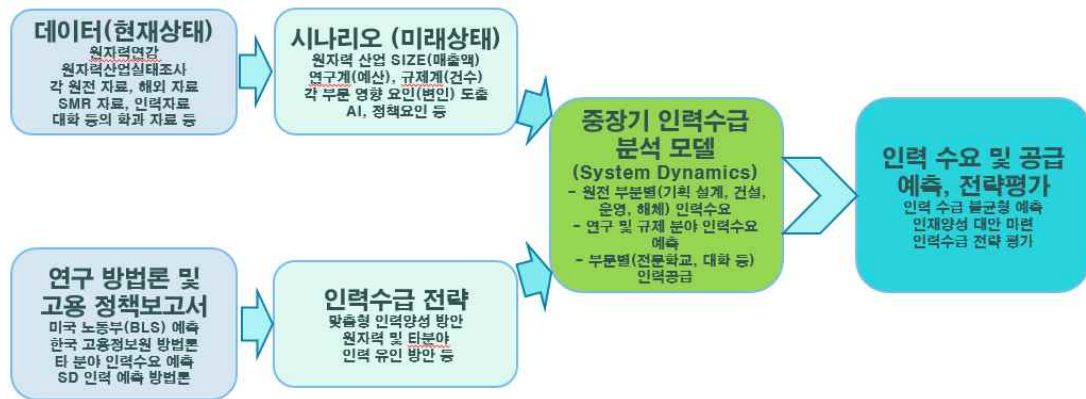


그림 4-1. 원자력 산업 인력 수급 예측 통합 방법론

### 3. 원자력 인력 수요 예측을 위한 시스템 다이내믹스 모델링

#### 3.1 시스템 다이내믹스 모델링 개요

MIT의 Jay. W. Forrester 교수가 1959년에 창안한 시스템 다이내믹스(System Dynamics)는 현실 세계의 복잡하고 해결하기 어려운 비선형적, 비정형적 정책문제를 해결하기 위해 수학적 모델을 구축하고 그것을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 정책 효과를 예측, 평가할 수 있는 접근법이다[11]. 특히, 시스템 다이내믹스는 시스템 내부의 변수들이 피드백 루프들(Feedback Loops)로 연결되어 있으며[12], 시스템 전체의 행태에 영향을 미치는 시간 지연(Time Delay)이 예상치 못한 결과를 야기하는 주요 요인이라는 것을 강조한다.

여기서 시스템이란 개별적으로 분절된 부속 요소들의 단순한 집합이 아니라, 상호 유기적으로 연계된 구성요소들이 하나의 통합된 전체로 기능하는 구조를 의미하며, 동시에 인간의 활동이 반영된 사회적 산물(Social Artifacts)로 이해될 수 있다. 이러한 시스템은 시간의 흐름(Time-Varying)에 따라 내부 구조와 행태가 변화하는 동태성(Dynamics)을 내재하고 있다[13].

이러한 맥락에서 개인적·조직적·사회적 차원의 복합 문제를 효과적으로 해결하기 위해서는 시간의 경과에 따른 시스템의 내적 구조 변화와 구성요소 간 상호작용을 통합적으로 고려하는 접근이 요구된다. 특히 시스템에 내재된 피드백 구조(Feedback Structure)를 정확히 식별하고 이해하는 것이 정책 설계 및 문제 해결 과정에서 핵심적인 분석 요소로 작용한다[14].

실제로 시스템 다이내믹스 연구자들은 시스템의 구조를 정성적 인과지도(Causal Loop Diagram, CLD)와 저장-유량 다이어그램(Stock-Flow Diagram, SFD) 등 수리적·구조적 모형으로 변환하여 복잡한 시스템을 분석하고 설명한다. 아울러 구축된 모형을 기반으로 정책 대안의 효과를 시뮬레이션하고, 정책 개입의 타당성과 파급효과를 체계적으로 평가·검증하는 도구로 활용하고 있다. 이러한 연구과정은 다음과 같이 지속적인 환류 과정을 거쳐 고도화되고, 계량된다.

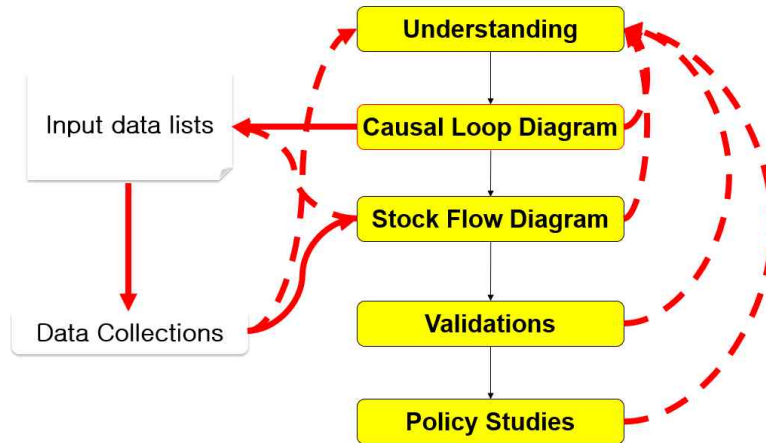


그림 4-2. 시스템 다이내믹스 방법론의 연구 흐름<sup>3)</sup>

### 3.2. 시스템 다이내믹스를 활용한 원자력 산업 인력 수요 예측 모델

#### 가. 원자력 산업계 구분과 발전소 생애주기 모델링

원자력 산업 인력 수요 예측 모형을 구축하기 위해서는, 인력 수요를 결정하는 핵심 요인을 선행적으로 규정하는 과정이 필수적이다. 본 연구는 이를 위해 원자력 산업 생태계를 세 개의 주요 주체 영역으로 구조화하였다. 구체적으로는 원자력 발전사업자인 한국수력원자력(이하 ‘한수원’), 발전소의 건설·운영·해체 과정에 필요한 설비·기자재 및 서비스를 제공하는 발전공급산업체(이하 ‘공급산업체’), 그리고 연구개발 및 규제 기능을 수행하는 연구·공공기관(이하 ‘연구·공공기관’)으로 구분하였다.

이들 주체 집단은 인력 수요가 형성되는 메커니즘이 상이하다. 한수원의 경우 발전소의 건설 및 운영에 수반되는 업무 단위(Task)가 인력 수요를 직접적으로 결정하는 반면, 공급산업체는 수행해야 할 물량의 가치, 즉 매출액 또는 비용 구조가 주요 결정 요인으로 작용한다. 또한 연구·공공기관의 인력 수요는 개별 업무 단위보다는 연구개발(R&D) 및 규제 수행을 위한 예산 규모에 의해 주로 결정된다. 이러한 구분은 『원자력산업연감』과 『원자력산업실태조사보고서』 등 원자력 산업계의 공식 통계·현황 자료에서도 일관되게 적용되고 있다.

한편, 원자력발전소는 명확한 생애주기(Life Cycle)를 갖는다. 일반적으로 원자력발전소의 생애주기는 기획·설계, 건설, 운영, 해체의 단계로 구분되며, 각 단계에 투입되는 인력의 규모와 비용 구조는 본질적으로 상이하다. 이는 원자력 발전소의 생애주기 단계별로 인력 수요의 결정 구조가 다르게 형성됨을 의미하며, 따라서 각 단계는 독립적인 분

3) 연구 흐름도에서 활용되는 인과지도(Causal Loop Diagram, CLD)와 저장-유량 다이어그램(Stock-Flow Diagram, SFD)은 개념적으로 상호 연계된 모형이지만, 모든 연구에서 두 모형을 동시에 적용해야 하는 것은 아니다. 연구 목적과 분석 범위에 따라 CLD 또는 SFD 중 하나만 선택적으로 활용하거나, 두 모형을 병행하여 적용할 수 있다. 본 연구에서는 인과지도 구축 단계를 상당수 생략하고, 연구 목적에 보다 직접적으로 부합하는 저장-유량 다이어그램을 중심으로 모형을 설계·구현하였다.



표 4-1. 원자력 발전소 주요 현황과 단계별 일정4)

구분		신월성 1,2호기	신고리 3,4호기	신한울 1,2호기	새울3,4호기(舊 신고리5,6호기)	신한울 3,4호기					
사업 개요	위 지(건설허가서상 부지주소)	경북 경주시 양북면 봉길리	울산시 울주군 서상면 신암리	경북 울진군 북면 덕천리/고목2리	울산광역시 울주군 서상면 신암리	경북 울진군 북면 덕천리/고목2리					
	원자로형	PWR (OPR1000)	PWR (APR1400)	PWR (APR1400)	PWR (APR1400)	PWR (APR1400)					
	설비용량	1,000MWe × 2기	1,400MWe × 2기	1,400MWe × 2기	1,400MWe × 2기	1,400MWe × 2기					
	계약자	N S S S	두산중공업	두산중공업	두산중공업	두산에너지빌리티	두산에너지빌리티				
		T / G	두산중공업	두산중공업	두산중공업	두산에너지빌리티	두산에너지빌리티				
		주요설계	한국전력기술	한국전력기술	한국전력기술	한국전력기술	한국전력기술				
		원전연료	한전원자력연료	한전원자력연료	한전원자력연료	한전원자력연료	한전원자력연료				
시공	참여사	대우건설/삼성물산/GS건설	현대건설/두산중공업/SK건설	현대건설/SK건설/GS건설	삼성물산/두산에너지빌리티/한화오션	현대건설/두산에너지빌리티/포스코이앤씨					
건설 이력	전력수급기본계획 반영	'00. 1. 5	'00. 1.13	'04.12.30	'08.12.29	'23. 1.12					
	건설기본계획 수립	'00.12.28	'01. 2.24	'05. 6. 8	'09. 2.27	'10.11. 9					
	N/SSS 공급계약	공급계약서 협상	'01. 3.16	'01.10.16	'08. 7.31	'11. 7.20	'23. 3.29				
		계약체결	'02. 8. 9	'06. 8.28	'09. 7.31	'14. 8.28					
	T/G 공급계약	공급계약서 협상	'01. 3.16	'01.11.27	'08. 7.31	'11. 7.20	'23. 3.29				
		계약체결	'02. 8. 9	'06. 8.28	'09. 6.23	'14. 8.28					
	A/E 용역계약	공급계약서 협상	'01. 3.16	'01.10.16	'08. 7.31	'11. 7.20	'16. 3.18				
		계약체결	'02. 8. 9	'06. 8.28	'09. 5.29	'14. 4.11					
	시공계약	'03. 7.10	'07. 3. 9	'10. 3.22	'15. 6.12	'23.12.11					
	부지정지 착수	'05.10. 1	'07. 9.13	'10. 4.30	N/A	'23. 6.19					
	기초굴착 착수	'07. 6. 4	'08. 4.15	'11.12. 3	'16. 6.28	'24. 9.13					
	최초 콘크리트타설	'07.11.20	'08. 9.23	'08.10.16	'09. 8.19	'12. 7.10	'13. 6.19	'17. 4. 3	'18. 9.19	'25. 5.20	'26. 6. 1
	R/V 설치 착수	'09. 7.27	'10. 5.18	'10. 7.15	'11. 7.18	'14. 4.30	'15. 3.28	'19.11.28	21.12.27	'27.10. 1	'28.10. 1
	CHT 착수	'10.12. 1	'11.10. 8	'12. 5. 1	'15.11. 9	'16.11. 1	'17.12.27	23. 6.19	'25. 2.14	'29.10. 1	'30.10. 1
	HFT 착수	'11. 4. 1	'12. 2. 1	'12.11.20	'16. 4. 11	'17. 9. 7	'18.11.22	24. 6.15	'25. 8	'30. 3. 1	'31. 3. 1
	연료장전 착수	'11.12. 2	'14.11.14	'15.11.03	'19. 2. 8	'21. 7.17	-	(25. 7)	'26. 4	'30. 8	'31. 8
	상업운전 개시	'12. 7.31	'15. 7.24	'16.12.20	'19. 8.29	'22.12. 7	'24. 4. 5	'26. 2	'26.11	'32.10	'33.10
주요 인허가	실시계획 승인,고시(신청/승인)*	'02. 8.21 / '05. 9.30	'02.10.31 / '07. 9.13	'08. 1.31 / '09. 4. 3	'12. 7.30 / '14. 1.29	'15. 9.30 / '23. 6.16					
	최초 운전허가기간 만료	51.12.1	54.11.13	75.10.29	79.1.31	81.7.8	83.9.6				

나. 원전 생애주기 저량-유량 다이어그램 모델링

원자력발전소의 인력 수요를 정량적으로 추정하기 위해서는, 정성적 구조를 갖는 인과 지도(Causal Loop Diagram, 이하 CLD) 단계에서 수리적 모형인 저량-유량 다이어그램(Stock-Flow Diagram, 이하 SFD)으로의 체계적인 전환이 요구된다. 이를 위해 본 연구는 표준화된 가상 발전소 기반의 SFD 모형을 선행적으로 구축하고, 이를 참조 템플릿으로 활용하여 개별 발전소 단위의 세부 모형을 확장·설계하는 방식을 채택하였다.

그림 4-4는 가상의 원자력발전소를 대상으로 생애주기 단계를 반영한 SFD 구조를 제시한 것이다. 본 모형은 각 단계를 저량(Stock) 요소로 정의하고, 이를 ① 기획·설계 단계 발전소, ② 건설 단계 발전소, ③ 운영 단계 발전소, ④ 해체(폐로) 단계 발전소, ⑤ 해체 완료 단계 발전소로 구분하였다. 각 단계의 시작 시점과 종료 시점, 그리고 운영 기간은 사전에 설정된 계획 자료와 실증 데이터를 기반으로 시간 변수로 입력되어 모형 내에서 동태적으로 반영된다.

4) 본 연구에서 활용한 운영 중 및 건설 중 원자력발전소의 주요 현황과 단계별 일정 자료는 한국수력원자력으로부터 제공받은 자료를 기반으로 하였다.

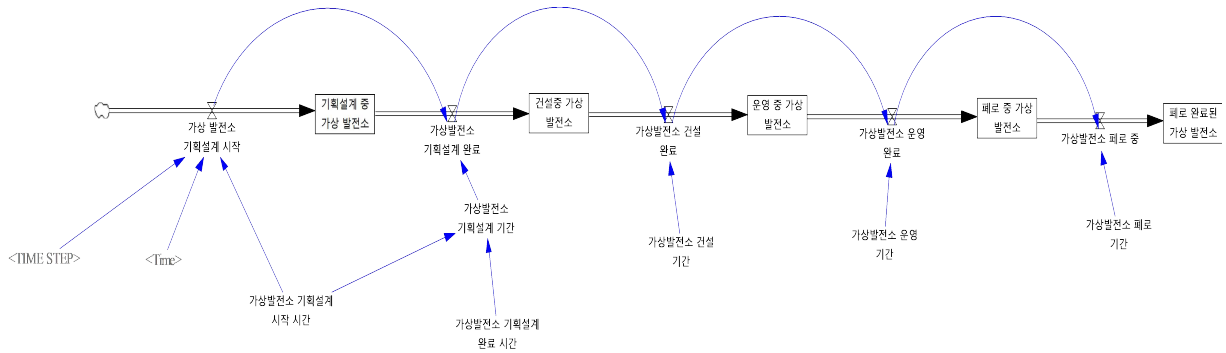


그림 4-4. 가상원자력 발전소의 생애주기별 SFD 모델

본 연구는 가상 발전소 기반의 표준 모형을 출발점으로 하여, 실제 원자력발전소의 인력 수요를 정량적으로 산정하기 위한 SFD 모형을 구축하였다. 구축된 SFD 모형은 현재 국내에서 건설 중이거나 운영 중인 36기 원전을 개별 단위로 모형화하였으며, 아울러 낙관 시나리오 하에서 건설이 가정되는 대형 원전 및 소형모듈원자로(SMR)를 포함한 63기 발전소를 추가로 반영하였다. 이에 따라 총 99기의 발전소를 대상으로 한 개별 SFD 모형이 구성되었으며, 그림 4-5는 그중 신월성 1호기를 사례로 제시한 모형 구조를 보여주고 있다. 한편, 그림 4-6의 왼쪽은 신월성 1호기 모델의 시뮬레이션 결과로서 발전소의 기획설계, 건설, 운영 과정의 연차별 결과를 나타내고 있다. 그림에서 특정 연도의 0값은 해당 과정에 진입하지 못했음을 의미하며, 1은 해당 과정을 수행하고 있음을 뜻한다. 그림 4-6의 오른쪽 그림은 신월성 1호기가 건설이 완료되고 운영되는 과정에서의 발전량을 산출한 것을 보여주고 있다. 추가적으로, 발전량의 변동이 있는 것은 이용률 불확실성을 고려했기 때문이다(평균이용률 85%, Random Normal 분포를 활용).

이와 같이 구축된 SFD 모형은 원자력발전소의 생애주기 단계별로 상이한 인력 투입 구조를 정량적으로 표현하는 데 효과적인 장점을 갖는다. 구체적으로, 기획·설계 단계에서 요구되는 한수원 인력과 건설·운영 단계에서 요구되는 인력 수요 그리고 운영 단계와 해체 단계의 인력 수요는 시간 경과에 따라 변화하는 양상이 모델내에서 동태적으로 반영할 수 있다. 이러한 모델 구조를 통해 생애주기 단계별 및 단계 내 세분화된 직무 단위별 인력 수요가 산출되며, 이에 따라 발전사업자와 공급산업체의 수요 인력 규모를 보다 정밀하게 추정할 수 있다. 이는 본 모델의 예측 정확도와 구조적 타당성과 직접적으로 연결되는 요소이며, 이에 대한 경험적 검증은 다음 장의 모형 타당성 검증절에서 상세히 논의한다.

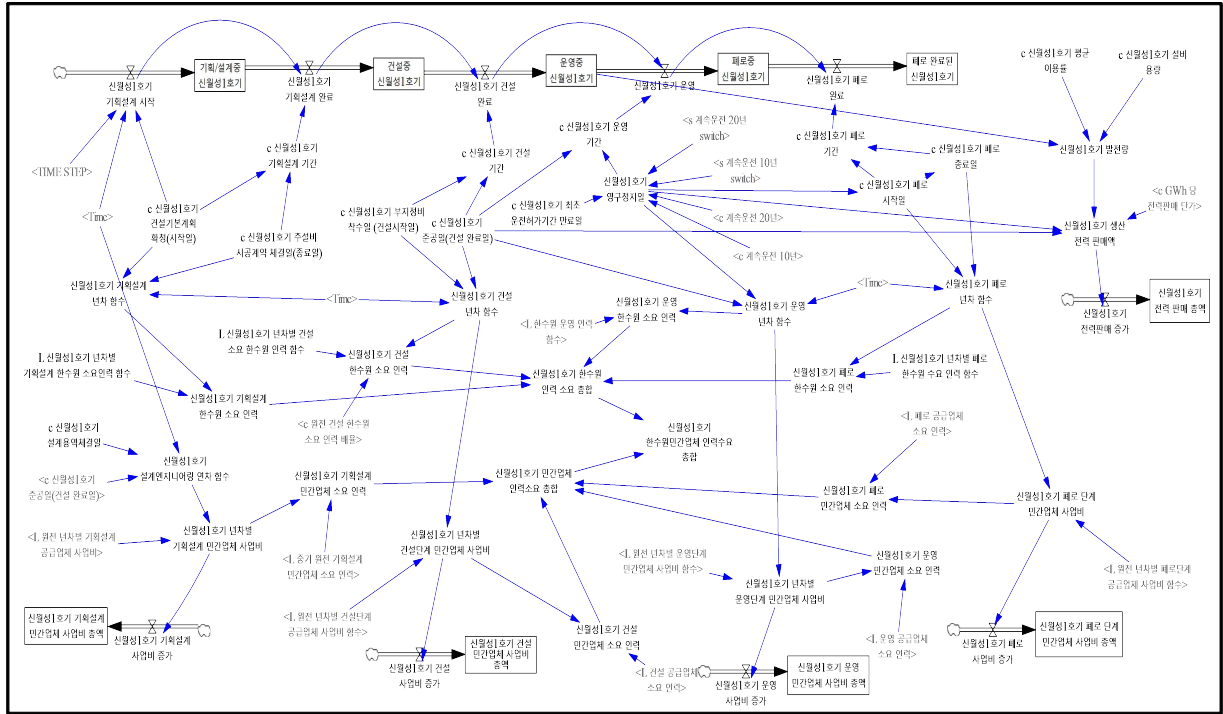


그림 4-5. 인력 수요 예측 SFD 모델(신월성 1호기 예시)

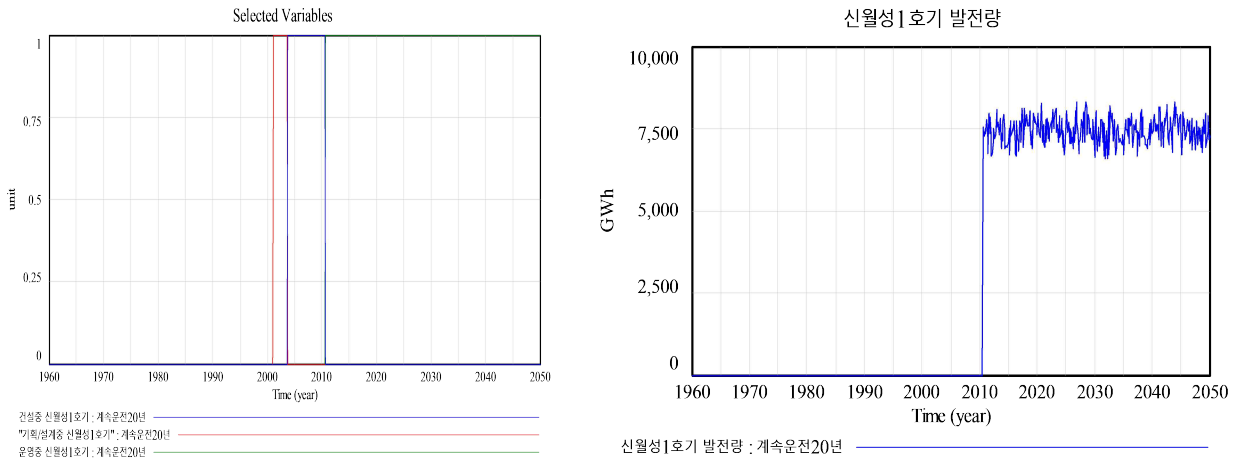


그림 4-6. 신월성 1호기의 생애주기 과정 결과와 발전량 시뮬레이션 결과

#### 다. 원자력 발전소 생애주기에 따른 인력 투입

한국수력원자력은 APR-1400 가압경수로형(1,400MW×2기)을 기준으로, 원자력발전소 건설 및 시운전 단계에 적용되는 표준 직제 체계를 운영하고 있다. 또한 직제 체계의 일원화를 추진함으로써, 향후 건설되는 OPR-1000 노형 역시 APR-1400의 인력 기준을 준용하도록 설계되어 있다. 한편, 신고리 3·4호기는 아랍에미리트(UAE) 원전 수출사업의 참조 발전소(Reference Plant)로 활용되었으며, 신울진 1·2호기는 최초의 완전 국산화 사업이라는 특수성을 고려하여, 건설 및 시운전 단계별 인력 규모를 기존 기준 대비 10% 증원하도록 설정하였다. 표 4-2는 APR-1400 노형을 기준으로 한 원자력발전소 건

설 및 시운전 단계의 표준 직제 구조를 제시하고 있다[15].

해당 표준 직제는 건설준비 단계, 건설 단계, 시운전 단계의 세 단계로 구분되며, 단계 별 소요 기간, 조직 구성, 인원 규모는 상이한 특성을 보인다. 이를 도식화하면 그림 4-7과 같으며, 이러한 총 149개월간 건설/시운전 기간의 비선형적 인력 운영 구조는 발전소 인력 수요 예측을 매우 복잡하게 만드는 주요 요인으로 작용한다. 특히, 이러한 특성은 단순한 하향식(Top-Down) 접근 방식이 현실의 인력 변동 구조를 충분히 설명하지 못하는 한계와 밀접하게 연관되어 있다. 본 연구는 이러한 표준 직제 체계를 모형에 체계적으로 반영함으로써, 실제 운영 환경과 높은 수준의 정합성을 갖는 인력 수요 예측을 가능하게 하였다. 이때, 모델링에 적용된 원자력 발전소 건설 기간은 3장에서 기술한 가정에 따라 선행호기 8년, 후행호기 9년에 맞추어 조정되었으며, 이는 다음 절에서 자세히 기술한다.

표 4-2. ARP1400 원전 건설/시운전 표준직제

구분	공사내용	기간	조직	인원
건설준비단계	사업준비(~실시계획 승인)	28개월	2팀	21명
	건설준비(~착공12개월 전)	13개월	3팀	31명
	시공준비(~부지정비 착수)	12개월	4팀	50명
건설단계	부지정지공사(~기초굴착 전)	10개월	7팀	70명
	기초굴착(~최초 콘크리트 전)	10개월	10팀	110명
	구조물공사(~원자로 설치 전)	20개월	11팀	180명
	기전공사(~선행호기 연료장전 전)	28개월	12팀	205명
	시공마감(~후행호기 연료장전 전)	12개월	11팀	140명
	준공준비(~후행호기 준공)	7개월	7팀	105명
	건설정리(종합준공 이후 6개월)	6개월	3팀	40명
시운전단계	공정계획, 절차서 수립	12개월	3팀	48명
	계통인수, 기능시험 준비	8개월	6팀	121명
	선행 기능시험, 후행 시험준비	13개월	11팀	268명
	연료장전, 선행호기 상업운전	26개월	19팀	338명
	후행호기 상업운전	40년	20팀	335명

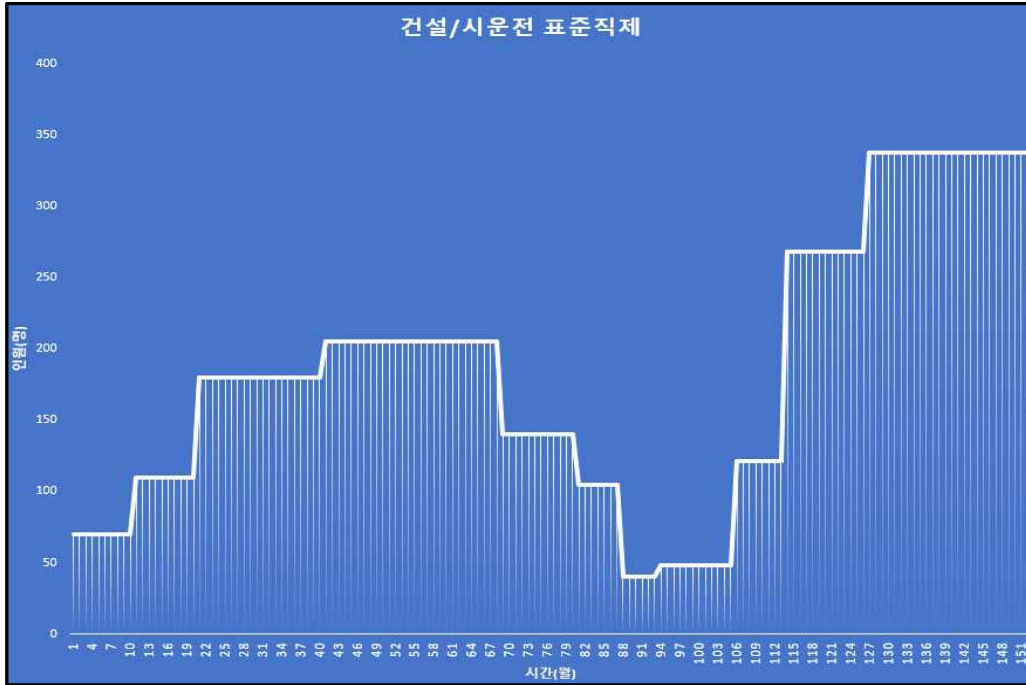


그림 4-7. ARP1400 건설/시운전 표준직제 인원 변동 그래프

#### 라. 발전소 생애주기의 변동과 수요 예측 모델 구축

원자력발전소 건설 및 시운전 과정에서 요구되는 인력 규모는 단계별로 큰 변동성을 보일 뿐만 아니라, 건설 자체가 본질적으로 유동적이며, 고도의 복잡성을 내포하고 있다. 건설 과정에는 인적 자원 요소 외에도 채용 조달, 자재 및 기자재 공급망, 규제 절차 및 인허가, 관계기관과의 협의, 지역사회와의 소통 및 수용성 확보 등 다차원적 요인이 작용하며 이러한 요소들은 발전소 건설 일정에 구조적인 탄력성을 부여한다.

일반적으로 한국수력원자력이 제시하는 표준 건설·시운전 기간은 149개월로 설정되어 있으나, 실제 프로젝트의 소요 기간은 이보다 단축되거나 지연되는 사례가 빈번하게 관측된다. 표 4-3은 그간 국내외에서 수행된 원자력발전소 건설 및 시운전 기간을 비교·정리한 결과를 제시하고 있다. 이와 같은 건설·시운전 기간의 높은 변동성은 인력 수요를 정밀하게 예측하는 데 어려움과 한계를 부여하며, 이 문제는 엄밀한 의미의 ‘과학적 예측’ 이라기보다는 불확실성을 관리하는 ‘관리적 해법(Management Solution)’의 영역에 가깝다고 평가할 수 있다.

표 4-3. 원자력발전소 건설/시운전 기간

발전소 이름	기간(년)	발전소 이름	기간(년)	발전소 이름	기간(년)	발전소 이름	기간(년)	발전소 이름	기간(년)
고리1	7.6	한빛1	6.5	한울3	6.2	신고리3	9.2	바라카1	9.6
고리2	9.0	한빛2	7.3	한울4	7.6	신고리4	11.9	바라카2	10.5
고리3	7.6	한빛3	7.4	한울5	7.3	신한울1	12.7	바라카3	9.5
고리4	8.2	한빛4	8.2	한울6	8.0	신한울2	14.0	바라카4	11.0
월성1	6.4	한빛5	6.8	신고리1	6.0	새울3	9.7		
월성2	5.7	한빛6	7.4	신고리2	7.5	새울4	10.4		
월성3	5.8	한울1	7.7	신월성1	6.8	신한울3	9.3		
월성4	7.0	한울2	8.7	신월성2	9.8	신한울4	10.3		

※ 현재 건설중인 새울3, 4호기, 신한울3, 4호기는 건설 예정 기간을 고려하여 산정.

따라서 발전소별 건설·시운전 기간은 고정된 값이 아니라 프로젝트 특성 및 외부 여건에 따라 유동적으로 변화하며, 이에 따라 소요 인력 규모 역시 동태적으로 변동한다. 본 연구는 과거 원자력발전소 건설 과정이 현재의 건설 환경과 본질적으로 유사하다는 전제하에, 기준값으로 설정된 149개월의 표준 건설·시운전 인력 투입 체계를 실제 발전소별 건설 기간에 맞추어 재구성하였다.

구체적으로는 단축된 공기(工期) 내에서 동일한 수준의 건설 및 시운전 성과를 달성할 수 있도록, 표준 직제 기반 인력 투입량에 일정 비율의 배율을 곱하는 방식으로 가중 조정하였다. 예를 들어, 신월성 1호기의 경우 전체 건설·시운전 기간이 약 6.8년(81.6개월)이었는데, 본 연구에서는 단계별(건설준비-건설-시운전) 표준 직제 인원을 해당 기간에 맞춰 비례적으로 가중하고자 1.8배의 인력이 단축된 시간에 투입되는 것으로 조정하였다. 이와 같은 조정방식을 통해 전체 원자력 발전소 건설/시운전 투입 인력이 산출될 수 있었다.

한편, 타당한 인력 수요 예측 모형을 구축하기 위해서는 표준화된 직제 체계에 기반한 인원 산정에 더하여, 과거 프로젝트의 경험적 데이터(empirical evidence)를 반영하고, 미래 프로젝트에 대한 합리적인 건설 기간 가정을 동시에 설정할 필요가 있다. 본 연구는 과거 원자력발전소 건설 사례를 분석한 결과를 토대로, 향후 건설되는 대형 원전의 평균 건설·시운전 기간을 8년(선행호기)과 9년(후행호기)으로 가정하였다. 이는 규제 절차의 상대적 효율성, 정책적 지원 환경, 지역사회 수용성 확보가 원활하게 이뤄진 상황을 전제로 설정한 보수적 추정치이다. 더불어 소형모듈원자로(SMR)의 경우, 모듈화 방식의 공장 제작 및 현장 조립 특성을 고려하여, 평균 건설·시운전 기간을 6년(최초호기)과 5년(후행호기)으로 설정하였다. 또한, SMR의 소요인력은 대형원전의 30%로 가정<sup>5)</sup>하여 분석하였는데, SMR에 대한 구체적인 인력수요 정보가 확정되지 않는 현 시점에서 보수적인 인력수요를 감안하여 모델에 반영한 것이다.

5) SMR의 용량(680MW)을 고려한 인력수요 비율인 42.6%(APR1400과의 용량 대비)과 같이 다른 수치를 고려할 수는 있다.

#### 마. 발전소 생애주기에 따른 사업비 산출과 인력 수요

시스템 다이내믹스(System Dynamics) 모델링은 시간의 경과에 따라 변화하는 변수의 행태를 표현하는 과정에서 모델러에게 상당한 수준의 자유도를 허용한다. 이러한 특성은 특히 룩업 함수(Look-up Function)를 통해 구체적으로 구현되며, 본 연구에서는 한수원 및 공급산업체의 인력 수요를 산정하는 핵심 도구로 이러한 룩업 함수를 활용하였다.

구체적으로, 원자력발전소 건설 과정에서 공급산업체에 지급되는 사업비는 공사기간과 작업량에 따라 발주처인 한수원으로부터 단계적으로 집행되는데, 본 연구에서는 이러한 공사비 배분 구조를 사전에 룩업 함수 형태로 정식화하였다. 즉, 발전소 건설 단계에서 시간 흐름에 따른 비용 집행 패턴을 함수 형태로 정의하고, 특정 시점에서 집행되는 사업비 규모에 비례하여 해당 시점의 공급산업체 인력 수요가 산정되도록 모델을 구성하는 것이다.

예를 들어, 신월성 1호기의 건설 과정에 소요되는 총사업비를 시간 축에 따라 함수화할 경우, 각 시점별 사업비 지출 규모가 결정되며, 이에 연동하여 공급산업체의 인력 수요가 산정된다. 본 연구에서 구축한 1차 룩업 함수는 연차별 건설단계의 사업비 배분 구조를 반영하도록 설계되었으며, 그림 4-8의 좌측 그래프가 시간의 경과(가로축)와 건설 단계별 사업비 규모(세로축) 간의 관계를 도식화한 구조를 제시한다. 우측 그래프는 해당 함수에 의해 산출된 단계별 사업비 결과를 나타낸다.

도출된 사업비는 다시 2차 룩업 함수의 입력값으로 활용되며, 이를 통해 사업비 규모를 공급업체의 필요 인력 규모로 변환한다. 즉, 본 연구에서는 시간 경과에 따른 사업비 산출을 위해 1차 룩업 함수를 적용하고, 산출된 사업비를 인력 수요로 전환하기 위해 2차 룩업 함수를 연계적으로 적용하는 이중 구조를 채택하였다. 이와 같은 과정을 통해 산출된 인력 수요는 시간 변수와 사업비 변수에 직접적으로 연동되며, 동태적 모델 구조 내에 일관되게 반영된다. 그림 4-9의 좌측은 사업비 규모에 따른 공급업체 인력 수요 산정 룩업 함수의 구조를 제시하며, 우측은 해당 함수 적용 결과로 도출된 시간별 인력 수요 결과를 나타낸다.

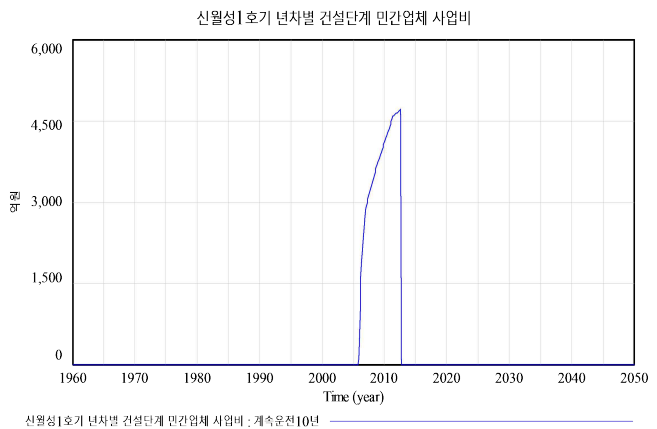
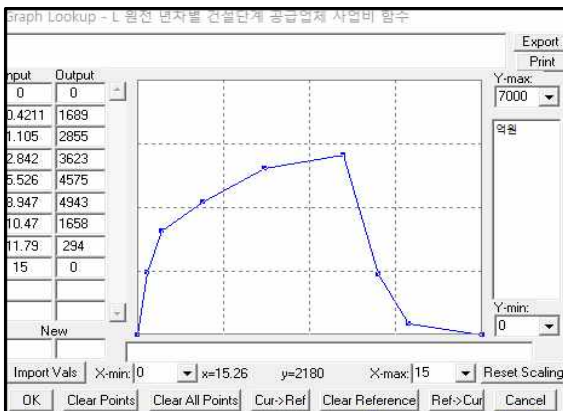


그림 4-8. 공급산업체 사업비 함수와 신월성1호기 년차별 건설단계 사업비

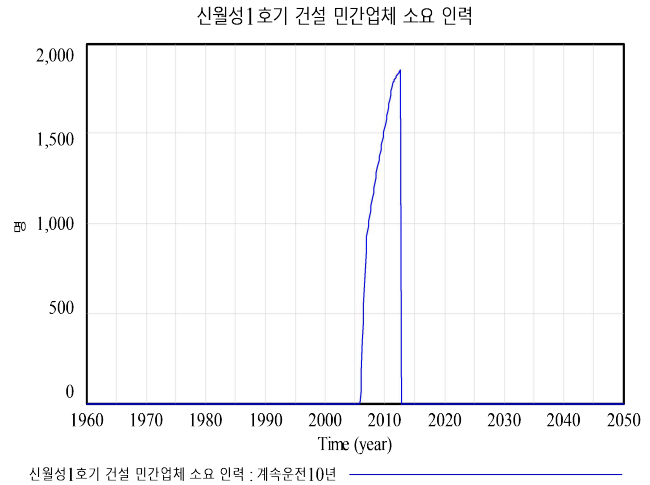
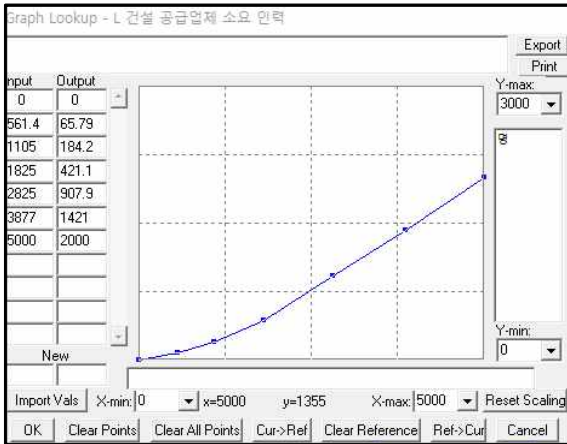


그림 4-9. 공급산업체 사업비 소요인력 함수와 신월성1호기 건설단계 소요 인력 결과

정리하면, 본 연구는 시스템 다이내믹스(System Dynamics)의 비선형 함수 구성 논리를 기반으로, 시간의 흐름에 따른 사업비 변화를 중간 매개 변수(intermediate variable)로 설정하고 이를 다시 인력 수요로 변환하는 이중 단계 룩업 함수 구조(Two-Stage Nonlinear Lookup Structure)를 적용한 것이다. 이러한 구조는 Forrester(1961) 및 Sterman(2000)이 제시한 비선형 관계 표현 방식에 기반하고 있으며, 시간(Time)-사업비(Cost)-인력(Manpower) 간의 인과 연결 구조를 동태적으로 구현할 수 있도록 설계되었다. 특히, 본 연구의 룩업 함수는 단순한 경험적 보간(Interpolation) 방식이 아니라, 시스템 내부의 피드백 구조(Feedback Structure)와 지연(Time Delay) 특성을 반영하는 준동태적 함수(Quasi-Dynamic Function)로 구성되었다. 이를 통해 정책 환경 변화, 공정 지연, 예산 변동 등 외생적 충격이 인력 수요 구조에 미치는 영향을 구조적으로 시뮬레이션할 수 있도록 설계하였다

#### 바. 연구공공기관 인력모델

연구·공공기관 부문은 발전사업자인 한국수력원자력과 공급산업체와는 본질적으로 상이한 인력 수요 결정 구조를 갖는다. 이 부문은 원자력발전소 건설 및 운영과 같은 직접적인 업무 수행(Task Performance)이나, 사업 활동의 성과로서 사업비를 확보하는 방식이 아니라, 정부 재정에 기반한 정기적 예산 배분 구조에 의해 인력 규모가 결정되는 점증주의적(Incremental) 인력 수요 특성을 내포하고 있기 때문이다.

이러한 구조적 특성은 회귀분석(Regression Analysis)을 통해서도 확인할 수 있는데, 년차별 원자력 발전소 수와 설비용량과 연구·공공기관 예산(매출액)을 독립변수로 설정하여 인력 수요 규모를 추정한 결과, 원자력 발전소 수와 설비용량은 통계적으로 유의미하지 않았다. 이는 연구·공공기관 인력 수요가 설비용량이나 사업 규모보다는 재정 배분 메커니즘과 제도적 결정 구조에 의해 훨씬 크게 영향을 받는다는 점을 시사한다.



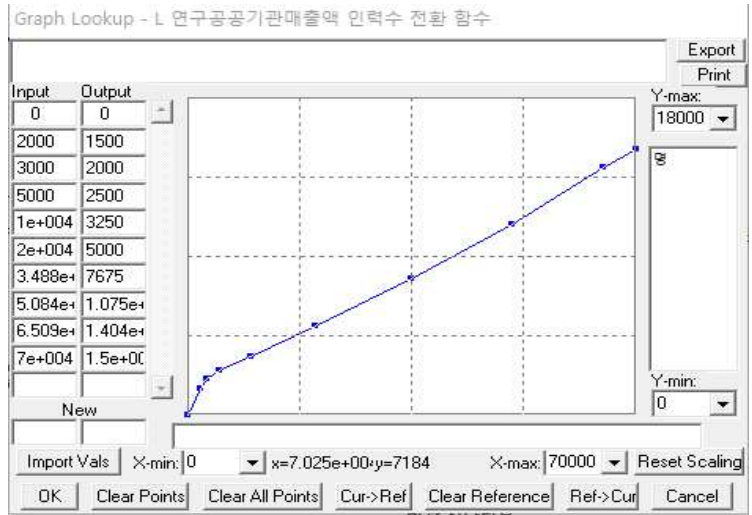


그림 4-11. 연구공공기관 매출액 인력수 전환함수

본 연구에서는 2025년 이후의 중·장기 전망을 위하여 매출액 증가율에 대한 시나리오 기반 가정(Scenario-Based Assumptions)을 도입하였다. 본 연구에서는 낙관 시나리오(연평균 5%), 기준 시나리오(연평균 3.39%), 비관 시나리오(연평균 1%)를 설정하였고, 재정 규모 변화가 인력 수요에 미치는 잠재적 영향을 비교·분석할 수 있도록 모형을 설계하였다. 그 결과, 시뮬레이션 결과는 그림 4-12에서 푸른색으로 표시된 선이 실제 연구공공기관의 인력수 추이이며, 붉은색 선이 그림 4-10과 4-11이 적용된 시뮬레이션 결과이다. 그림에서 알 수 있듯이 과거 인력 추세와 시뮬레이션 결과가 거의 일치하는 경향을 보이는 것으로 나타났다.

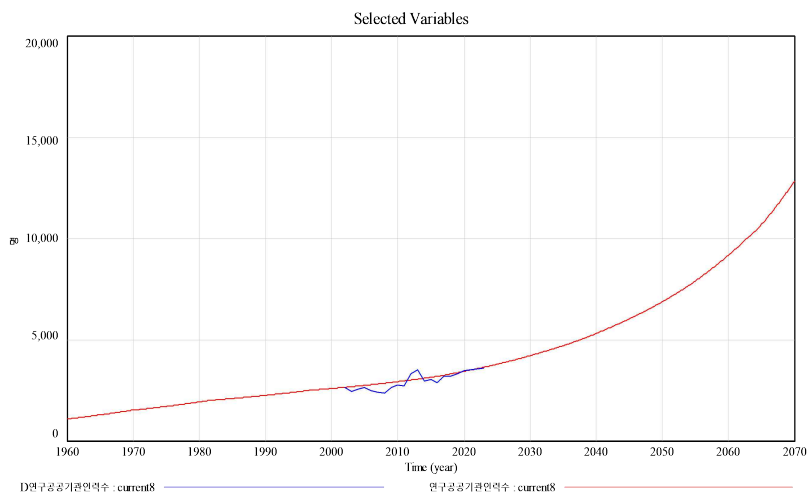


그림 4-12. 연구공공기관 인력수 추이(기준 시나리오)

### 3.3. 모델의 합산과 신규 인력 모델

#### 가. 원자력 발전소 모델의 합산

개별적인 원자력 발전소와 인력 수요에 대한 모델링이 완결되면, 이들을 하나로 통합된 모델로 결합해야 한다. 이것은 시간적 선형결합의 형태로 이루어져 있는데, 각 발전소가 설계, 건설, 운영, 폐로 단계를 거치면서 시간에 따른 발전소들의 인력이 합산되는 형태가 된다. 각 과정은 원자력 발전사인 한수원과 공급산업체의 인력들이 포함되어 있으며, 과거에 건설, 운영된 발전소뿐만 아니라 현재 건설 중인 발전소 그리고 시나리오(낙관, 기준, 비관)에 따라 새롭게 수요가 생성되는 발전소 인력까지 합산하는 방식이다.

합산 모델의 예시로서 국내 신규원전 건설 시나리오에 따른 한수원 인력 수요가 그림 4-13에 보여지고 있으며, 해당 시뮬레이션 모델은 각 시나리오에 따라 다른 인력수요 예측으로 전개되어 그 결과가 그림 4-14에 나타나 있다. 그림에서 보듯이, 시나리오가 낙관, 기준, 비관일 경우 한수원의 국내 신규원전 건설에 따라 인력 수요가 급격히 변동하고 있음을 알 수 있다.

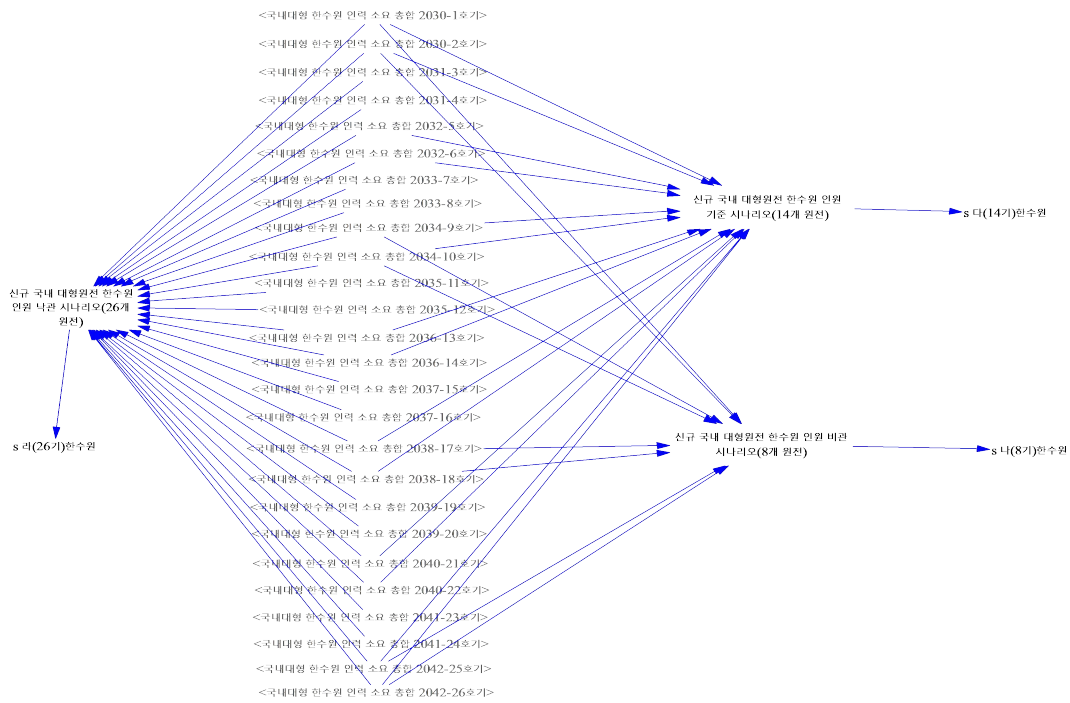


그림 4-13. 발전소별 한수원 인력 소요 총합(예시 : 국내 신규 원전 건설 시나리오)

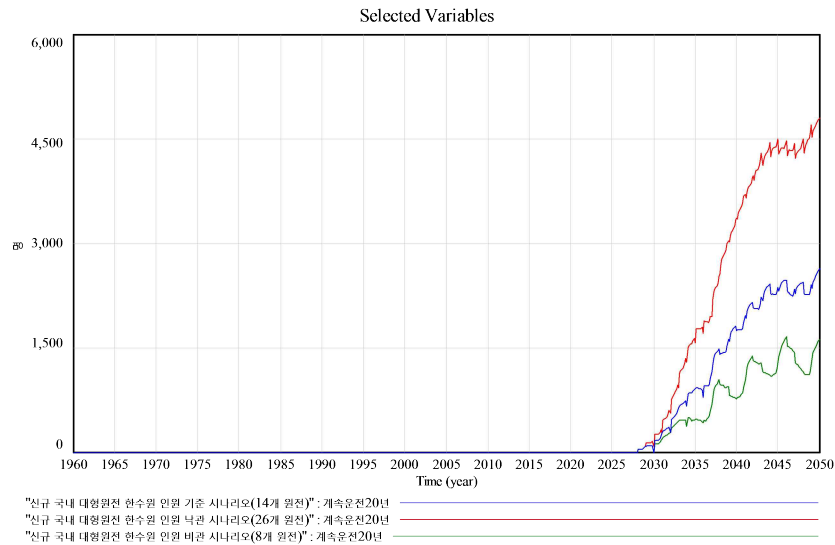


그림 4-14. 국내 신규 원전 건설 시나리오에 따른 한수원 신규 인력 수요 변화

#### 나. 연차별 신규 인력 수요에 대한 모델링

원자력 인력의 수급 격차(공급-수요)를 정량적으로 산정하기 위해서는 매년 대학의 원자력 유관 학과에서 배출되는 신규 인력 규모와 더불어, 산업 전반에서 매년 새롭게 발생하는 인력 수요를 체계적으로 추정할 필요가 있다. 일반적으로 산업의 인력 수요는 특정 시점에서 요구되는 총 필요 인력 수(단위: 명)로서 저장(stock)의 개념으로 인식되는 반면, 인력 공급은 매년도 졸업자 수와 같이 일정 기간 동안 유입되는 규모로서 유량(flow)의 개념을 갖는다. 이와 같은 개념상의 차이로 인해 인력 수급 차이를 계산하기 위해서는 공급과 수요를 동일한 단위 체계로 변환하는 과정이 요구된다. 즉, 저장 개념의 총 인력 수요를 유량 개념의 연간 신규 인력 수요로 전환해야 하는 것이다[6]. 이에 본 연구에서는 기존 선행연구에서 제시된 접근법을 토대로 연차별 신규 인력 수요를 다음과 같은 수식으로 산출하였다.

$$D_t = (L_t - L_{t-1}) + L_{t-1} \times f$$

단,  $D_t$  : t기의 신규 인력 수요,  $L_t$  : t기의 총 인력수요,  $f$  : 자연 이탈율

상기 수식에서 t기의 신규 인력 수요는 t기의 총 인력 수요에서 t-1기의 총 인력 수요를 차감한 순 증가분에 더하여, 기존 인력의 자연 이탈을 보완하기 위한 대체 수요를 포함하는 개념으로 정의된다. 다시 말해, 신규 인력 수요는 산업 성장 또는 축소에 따른 인력 수요의 변화뿐만 아니라, 퇴직·이직 등으로 인해 발생하는 기존 인력의 결원을 충원하기 위한 수요를 동시에 반영하는 지표라 할 수 있다. 이러한 접근은 단순한 인력 증가분만을 고려하는 방식에 비해 현실적인 인력 수급 구조를 정교하게 반영할 수 있다는 점에서 의의가 있다.

이와 관련하여 핵심적인 쟁점은 자연 이탈률의 설정이다. 자연 이탈률은 신규 인력 수요 규모에 직접적인 영향을 미치는 주요 변수로서, 부문별 특성을 반영하여 합리적으로 설정될 필요가 있다. 이를 위해 본 연구에서는 한수원의 경우, 공공기관 경영정보 공개 시스템인 알리오(alio.go.kr)에 공시된 자료를 활용하였다. 예를 들어, 2024년 기준 한수원의 총 인원은 12,491명이며, 이 중 342명이 이탈한 것으로 나타나 자연 이탈률은 약 3.06%로 계산되었다. 이에 본 연구에서는 모델의 단순성과 보수적 추정을 고려하여 한수원 인력의 자연 이탈률을 3.0%로 설정하였다.

한편, 원자력 공급산업체의 자연 이탈률은 고용노동부의 「사업체노동력조사」 결과를 기반으로 산정하였다. 해당 조사에 따르면, 상용근로자 기준 300인 이상 대기기업의 이직·퇴직률은 2019년부터 2023년까지 평균 6.7% 수준으로 나타났으며, 최근 2025년 전체 사업체 평균 이직률은 4.3%로 제시되고 있다[16]. 이러한 이탈률 분포를 종합적으로 고려하여, 대기업부터 중소·중견기업이 혼재된 원자력 공급산업체의 평균 자연 이탈률을 5.5%로 설정하였다.

마지막으로 연구·공공부문의 자연 이탈률은 3.5%로 가정하였다. 이는 최근 5년간 공무원의 평균 이직률이 약 4% 수준이라는 점을 참고하되, 연구·공공부문 인력이 일반 공기업이나 민간기업에 비해 상대적으로 안정적인 고용 구조를 가진다는 점을 고려하여 0.5%p를 낮춘 값이다. 즉, 연구·공공부문의 인력 특성이 국가·지방공무원을 통합한 공무원 집단과 유사하다는 가정하에 이러한 자연 이탈률을 적용한 것이다.

연차별 신규 인력 수요는 각 부문별 총 인력 수요 전망치를 기반으로 상기 수식을 적용하여 산출되며, 낙관·기준·비관 시나리오에 따라 그 값이 연속적으로 도출된다. 그러나, 원자력산업 전체의 신규 인력 수요 중 원자력 유관 학과 출신 인력이 차지하는 비중은 전체 신규 수요와 일치하지 않는다. 이는 원자력 산업 내에서 원자력 전공자가 전기, 계측, 건설, 토목, 경영 등 다양한 전공 배경을 가진 인력과 동일한 노동시장에서 경쟁하기 때문이다.

이에 본 연구에서는 2023년 「원자력산업실태조사」에서 제시된 통계를 활용하여 부문별 원자력 유관 학과 출신 인력의 신규 수요 비율을 설정하였다. 구체적으로, 발전사인 한수원의 경우 원자력 유관 학과 출신 신규 인력 수요가 전체 신규 수요의 10%를 차지하는 것으로 설정하였으며, 공급산업체의 경우 8.6%, 연구·공공기관의 경우에는 25%로 설정하였다. 이러한 비율은 본 연구의 시뮬레이션 모델에서 상수(constant)로 포함되어 전체 분석 기간에 동일하게 적용되었다. 다만, 한수원의 경우 과거 원자력학과 출신 비중이 7~8% 수준에서 점진적으로 증가해 온 경향이 확인되므로, 향후 연구에서는 해당 비율의 시계열적 변동을 반영한 분석이 가능할 것으로 판단된다. 그럼에도 불구하고, 본 연구에서는 모델의 단순성과 해석 가능성을 확보하기 위해 해당 비율을 고정값으로 처리하였다. 이와 같은 신규 인력 수요 산출 수식과 주요 변수 설정을 반영하여 구축한 연차별 신규 인력 수요 모델의 구조는 그림 4-15에 제시하였다.

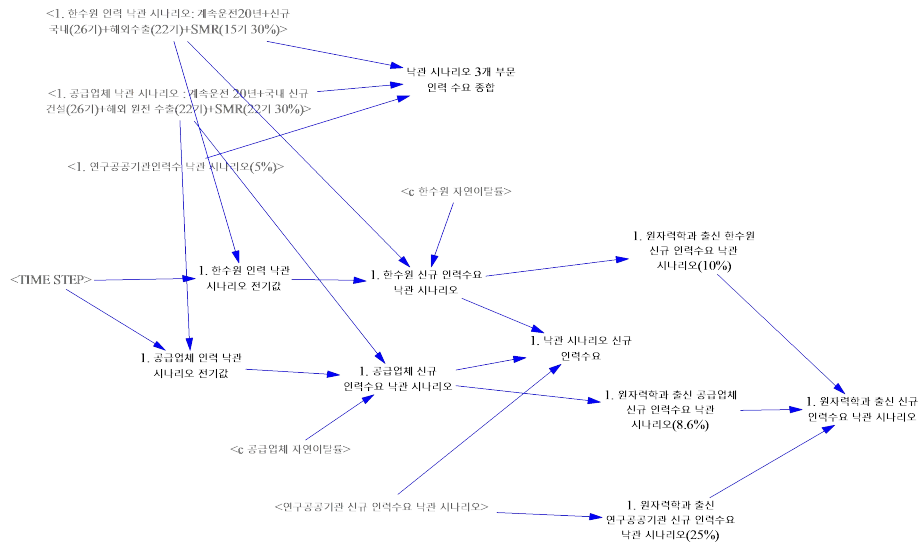


그림 4-15. 부문별 신규 인력수요 모델(낙관 시나리오)

### 3.4. 모델의 타당성 검토

#### 가. 한수원 인력 수요 모델의 타당성 검토

작성된 모델의 타당성 검토는 시스템 다이내믹스 관점에서 구조적 타당성(Structural Validity)과 행태 재현성(Behavior Reproduction)을 중심으로 이루어진다. 구조적 타당성은 모델의 범주 설정, 주요 변수 간 인과관계, 수식 구조, 그리고 핵심 가정이 현실 시스템의 작동 원리를 적절히 반영하고 있는지를 검토하는 과정이다. 이러한 요소들은 앞선 모델 구축 과정에서 비교적 상세히 논의하였다. 특히, 원자력발전소 건설 단계별 인력 투입 규모, 운영 인력 구조, 그리고 비용 관련 가정은 한수원 내부 실무진과 외부 전문가의 자문을 통해 설정되었으며, 실제 사업 추진 절차와 정책 환경을 합리적으로 반영한 가정이 적용되었다는 점에서 구조적 측면에서의 타당성을 일정 수준 확보한 것으로 평가할 수 있다.

한편, 시스템 다이내믹스 모델의 타당성을 검증하는 데 있어 중요한 또 다른 기준은 행태 재현성, 즉 과거 실제 데이터에 대한 시뮬레이션 결과의 재현 여부이다. 모델에 포함된 변수와 가정이 적절히 수식화되고 상호작용 구조가 현실과 유사하다면, 시뮬레이션 결과는 과거 관측치와 유사한 추세를 나타낼 것으로 기대된다. 이러한 관점에서 볼 때, 과거 자료에 대한 재현성 검증은 본 인력 수요 모형의 적정성을 판단하는 핵심적인 검증 절차라 할 수 있다.

먼저, 그림 4-16은 한수원 인력 모형의 시뮬레이션 결과를 제시한 것으로, 계속운전 20년과 신규원전 건설이 없는 경우 적색 실선은 모델을 통해 추정된 한수원의 인력 수요를, 청색 실선은 실제 한수원의 인력 규모를 각각 나타낸다. 두 시계열은 완전히 일치하지는 않으나, 전체적인 증가 추세와 변동 패턴, 그리고 인력 규모의 수준 측면에서 매우

유사한 양상을 보인다. 이는 본 연구에서 구축한 모형이 한수원의 인력 변화에 내재된 주요 동향을 비교적 정확하게 포착하고 있음을 시사한다. 특히, 한수원이 한국전력공사로부터 분리된 이후인 2002년부터 2023년까지 약 20년간의 인력 변화는 빠른 증가를 특징으로 하고 있는데, 이러한 인력 증가는 원자력발전소 건설 확대와 인력 수요 증가에 대응한 한수원이 비교적 적극적으로 인력 충원을 수행해 왔음을 반영한다. 해당 기간 동안 나타난 급격한 인력 증가라는 역사적 행태가 시뮬레이션 결과에서도 유사하게 재현된다는 점은, 본 인력 수요 모형이 구조적·동태적 측면에서 일정 수준 이상의 설명력을 확보하고 있음을 보여주는 중요한 근거라 할 수 있다<sup>6)</sup>.

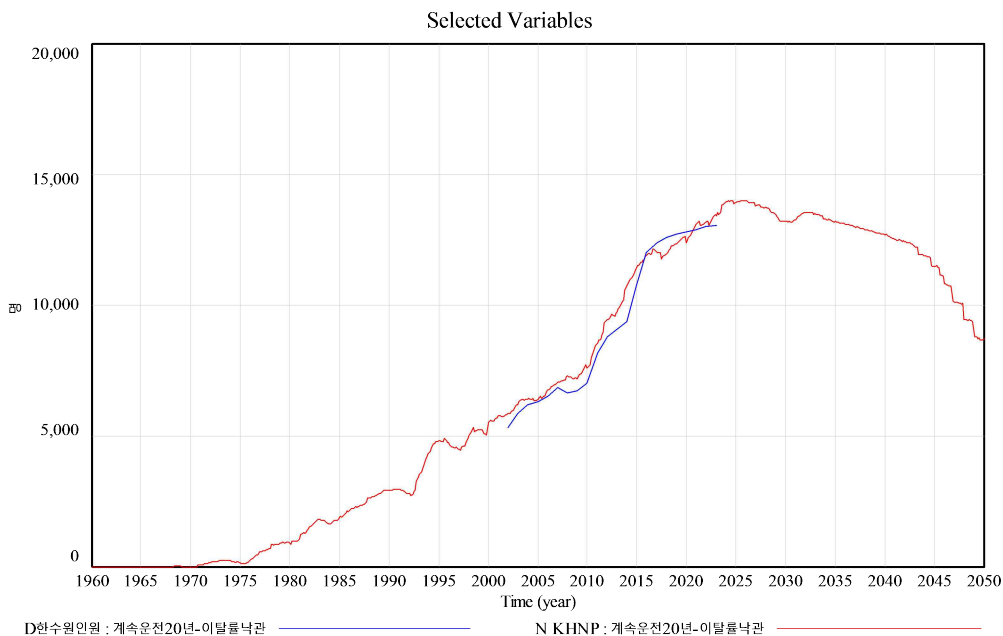


그림 4-16. 한수원 인력 모형 시뮬레이션(과거 데이터 비교)

장기적 관점에서의 인력 변화 추세와 규모를 비교적 안정적으로 재현하고 있다는 점에서, 본 인력 수요 모형은 정책 시나리오 분석과 중장기 인력 수급 전망을 위한 도구로서 충분한 활용 가능성을 지닌 것으로 판단된다. 더불어, 향후 연구에서는 외생 변수의 확장, 정책 충격에 대한 민감도 분석, 그리고 단기 조정 메커니즘의 추가를 통해 모형의 설명력과 현실 적합성을 더욱 제고할 수 있을 것이다.

본 연구에서 한수원 인력모형은 기획설계, 건설단계, 운영단계 뿐만 아니라 R&D 인력, 경영지원 인력 등으로 분리하여 모형을 작성하였다<sup>7)</sup>. 실제 한수원의 2002년부터 2012년

6) 시뮬레이션 결과와 실제 인력 규모 간에는 일부 시점에서 차이가 존재한다. 이는 본 모형이 인력 수요를 결정하는 핵심 구조에 초점을 맞춘 반면, 단기적인 정책 변화, 조직 개편, 임시적 채용 조정, 노사 관계, 정부의 인력 관리 기조 변화와 같은 비정형적·외생적 요인을 명시적으로 반영하지 못한 데에서 기인한 것으로 볼 수 있다. 또한 실제 인력 데이터에는 조직 내부의 전략적 판단이나 정치·제도적 요인이 반영되지만, 본 모형에서는 이러한 요소들을 단순화된 가정으로 처리하였다는 한계가 존재한다.

7) 본 연구의 데이터 중에서 2002년부터 2012년까지의 자료는 김윤석의 서울대학교 석사학위 논문(2014)에서 발췌한 것이다. 김윤석은 한국수력원자력에 근무하는 직원이며, 2013년 이후의 자료는 한수원 내부자료이기 때문에 자료 확보가 제한되었다.

까지 건설 단계 인력 자료를 살펴보면, 그림 4-17의 청색 실선에서 확인할 수 있듯이 2006년과 2007년을 제외한 대부분의 기간 동안 건설 인력이 급격히 증가하는 추세를 보이며, 우측 그래프에서 발전소 운영 그래프에서 역시 해당 기간 동안 증가를 보이고 있다. 본 연구에서 구축한 모형을 통해 산출된 건설 단계 인력의 시뮬레이션 결과는 동일한 기간 동안 실측 자료와 매우 유사한 증가 패턴을 나타내고 있음을 확인할 수 있었고, 운영 인력은 신규 발전소 건설에 따라 단계적 증가 패턴을 유사하게 나타내고 있다. 또한 그림 4-18에서 한수원 R&D 인력과 경영지원 인력 역시 같은 기간 비슷한 패턴을 보이고 있음을 알 수 있다.

이와 같은 결과는 본 연구에서 설정한 부문별 인력 수요 구조와 주요 가정이 실제 한수원의 인력 운용 특성을 적절히 반영하고 있음을 시사하며, 특히 건설 단계와 운영 단계의 인력 수요에 관한 모형의 현실 적합성과 설명력을 뒷받침하는 근거로 평가할 수 있다.

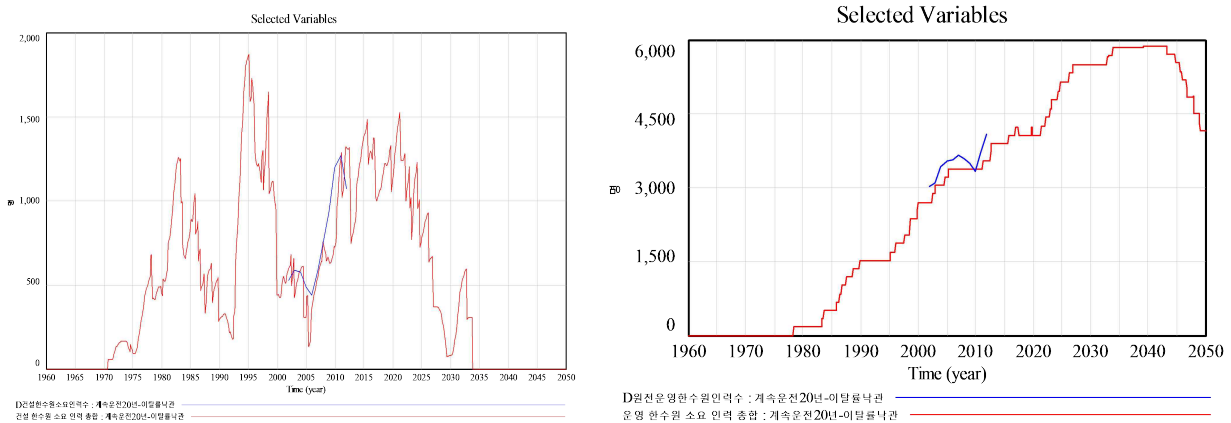


그림 4-17. 한수원 건설 및 운영 인력 시뮬레이션(과거 데이터 비교)

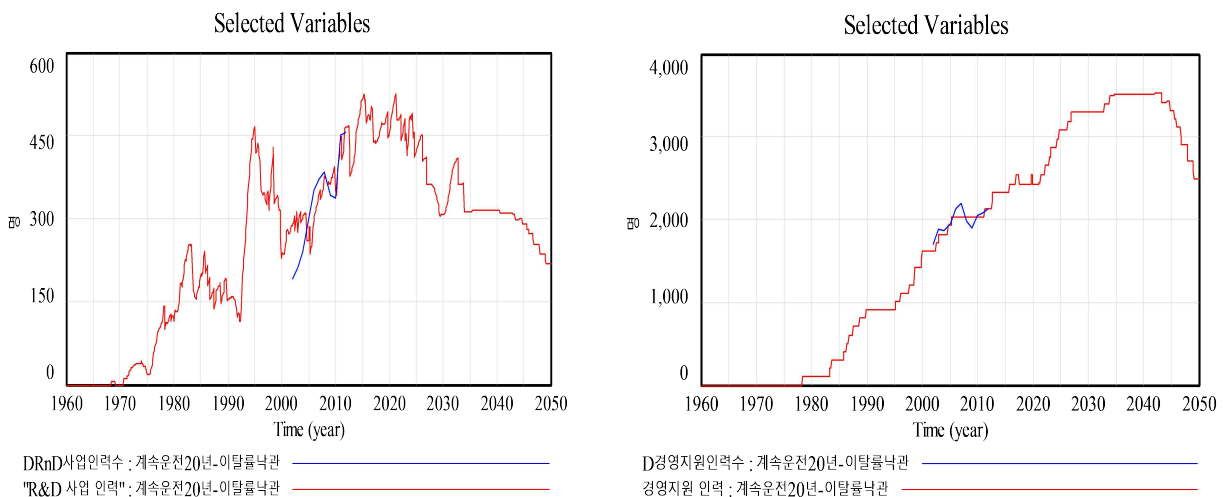


그림 4-18. 한수원 R&D 및 경영지원 인력 수요 모형 시뮬레이션

## 나. 공급산업체의 인력 수요 모델의 타당성 검토

공급산업체의 인력 수요 모델에 대해서도 실제 관측 자료와의 비교를 통해 타당성 검증 수행할 수 있다. 그림 4-19은 앞서 제시한 한수원 인력 모형의 검증 방식과 동일한 방법을 적용한 결과로서 청색 실선은 「원자력산업실태조사」 자료를 기반으로 산출한 민간 공급업체 인력 규모의 실측값을, 적색 실선은 본 연구에서 구축한 모형의 시뮬레이션 결과를 각각 나타낸다. 그래프에서 확인할 수 있듯이, 실태조사 자료가 제공되는 기간 동안 모형의 산출 결과는 실측 데이터와 매우 유사한 시계열 패턴을 보이고 있으며, 이를 통해 공급산업체 인력 수요에 관한 본 연구의 모형이 전반적으로 현실을 적절히 반영하고 있음을 확인할 수 있다.

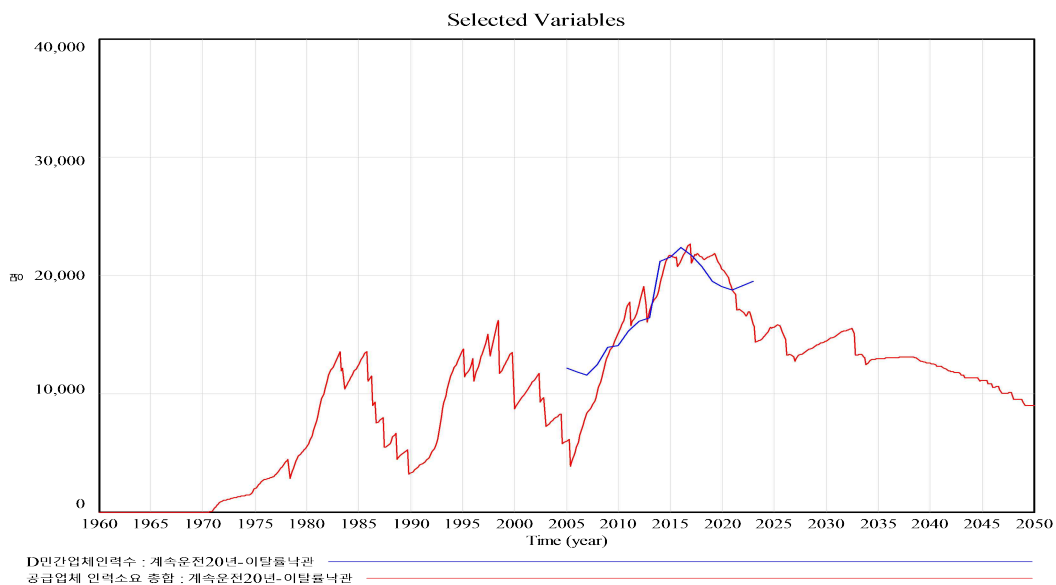


그림 4-19. 공급업체 인력 수요 모델 시뮬레이션(과거 데이터 비교)

그러나, 그림 4-20의 좌측 그래프에서 나타나는 설계 부문 인력 수요의 경우, 모형 결과와 실측 데이터 간에 일정 수준의 불일치가 관찰된다. 이는 모형 구조상의 한계 또는 원자력산업실태조사 과정에서의 조사 범위, 분류 기준, 자료 수집 방식 변화 등에 기인한 결과로 판단된다. 반면, 제조 및 운영 부문의 공급업체 인력 수요에 대해서는 모형 결과가 실측 자료와 상당히 높은 수준의 일치도를 보이고 있으며, 이는 공급산업체 인력 모형의 핵심 구조가 해당 부문에서는 비교적 안정적으로 작동하고 있음을 시사한다. 다행히 설계 부문 인력이 전체 공급업체 인력에서 차지하는 비중이 약 10% 수준에 불과하기 때문에, 설계 부문에서의 일부 불일치가 전체 공급산업체 인력 수요 추정 결과에 미치는 영향은 제한적이라고 할 수 있다.

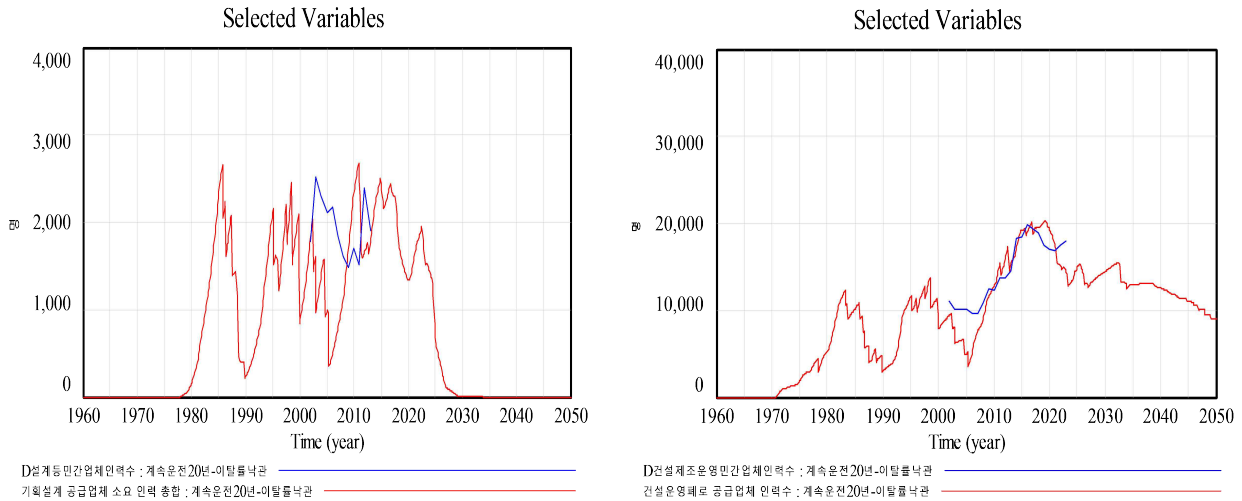


그림 4-20. 공급업체 기획설계 및 제조운영 인력 모형 시뮬레이션(과거 데이터 비교)

### 3.5. 원전 산업 인력 수요 시나리오 분석 모델링

#### 가. 시뮬레이션 시나리오 개관

본 장의 연구 목적은 2050년까지의 원자력 산업계 인력 수요를 체계적으로 추정하는 데 있다. 여기서 원자력 산업계는 발전사업자인 한국수력원자력, 민간 공급산업체, 그리고 연구·공공 부문을 포괄하는 개념으로 정의한다. 본 연구는 각 부문별 총 인력 수요를 산정하는 데 그치지 않고, 연차별 신규 인력 수요를 추정한 후, 후술하는 대학의 인력 배출 규모(공급)와의 차이를 비교·분석함으로써, 중장기적으로 인력 수급 격차를 완화할 수 있는 정책적·제도적 시사점을 도출하고자 한다.

앞서 제3장에서는 원전 계속운전 여부, 국내 신규원전 건설, 해외 원전 수출, 그리고 소형모듈원자로(SMR)<sup>8)</sup> 건설 여부를 주요 불확실성 요인으로 설정하고, 이에 따라 시나리오를 낙관, 기준, 비관 시나리오로 구분하였다. 원자력 산업계의 인력 수요는 이러한 정책·산업 환경 변화에 따라 민감하게 반응할 것으로 예상되며, 각 시나리오별 인력 수요 추정 결과 또한 상당한 편차를 보일 가능성이 존재한다. 제3장에서 설정한 시나리오를 요약한 결과는 표 4-5에 제시되어 있으며, 모든 시나리오는 2024년을 기준 시점으로 현재의 인력 규모와 원전 계속운전 여부를 기초 가정으로 설정하였다. 아울러 본 연구에서는 아무런 추가 정책 개입이나 산업 확장이 발생하지 않는 경우, 즉 원전 계속운

8) 소형모듈원자로(SMR)의 인력 수요 규모는 현재까지 명확하게 정립되어 있지 않다. 이에 본 연구에서는 SMR의 인력 수요가 기존 대형 원자력발전소에 비해 상대적으로 적을 것이라는 전제에 근거하여, 대형 원전 인력 규모의 30% 수준을 SMR 인력 수요로 가정하였다. 물론, 설비 용량만을 기준으로 단순 비교할 경우, SMR의 설비 용량은 대형 원전 대비 약 42.6%(680MW) 수준에 해당하므로, 인력 수요 역시 이와 유사한 비율로 산정할 수 있다. 그러나 본 연구에서는 모듈화 설계, 표준화된 운영 방식, 자동화 및 디지털 기술의 도입 등을 통해 SMR의 인력 효율성이 기존 대형 원전에 비해 개선될 가능성을 고려하였다. 이러한 점을 반영하여, 용량 비례 방식이 아닌 보다 보수적인 30% 수준의 인력 수요 가정을 적용하였다. 이와 같은 가정은 향후 SMR 기술 성숙도 및 운영 경험 축적에 따라 조정될 수 있으며, 본 연구의 결과 해석에 있어서는 SMR 인력 수요 가정이 갖는 불확실성을 함께 고려할 필요가 있음을 전제로 한다.

전이 이루어지지 않으며 신규원전 건설이나 해외 수출 또한 존재하지 않는 시나리오를 ‘기준선 시나리오(BAU, Business As Usual)’ 로 정의하고, 이를 토대로 낙관·기준·비관 시나리오의 상대적 차이를 설명한다.

표 4-5. 원전 산업 인력 수요 시나리오

구 분 (2050년 까지)	낙관 시나리오	기준 시나리오	비관 시나리오
계속운전	20년 계속운전	20년 계속운전	10년 계속운전
국내 원전 건설	총 26기 건설 (매년 2기 건설)	총 14기 건설 (매 2년마다 2기 건설)	총 8기 건설 (매 4년마다 2기 건설)
해외 원전 수출	총 22기 수출 (매 2년마다 2기 수출)	총 12기 수출 (매 4년마다 2기 수출)	총 8기 수출 (매 8년마다 2기 수출)
SMR 건설	총 15기 건설 (매년 1기씩건설)	총 8기 건설 (매 2년마다 1기 건설)	총 5기 건설 (매 4년마다 1기 건설)
연구공공부문 예산증가율 (2025년 이후)	매년 5.0% 증가	매년 3.39% 증가	매년 1.0% 증가

#### 나. 기준선 시나리오(BAU)

기준선 시나리오(Business As Usual, 이하 BAU)는 원자력발전소의 계속운전이 이루어지지 않으며, 추가적인 신규원전 건설, 해외 수출, 그리고 소형모듈원자로(SMR) 건설이 모두 발생하지 않는 경우를 의미한다. 본 연구에서는 이러한 BAU 시나리오를 가정하여, 한국수력원자력, 민간 공급산업체, 연구·공공기관 각각에 대한 인력 수요를 모형에 반영하고, 장기적인 인력 수요 변화를 예측하였다. 먼저, 한수원의 BAU 시나리오 하 인력 수요 예측 결과는 그림 4-21에 제시되어 있다.

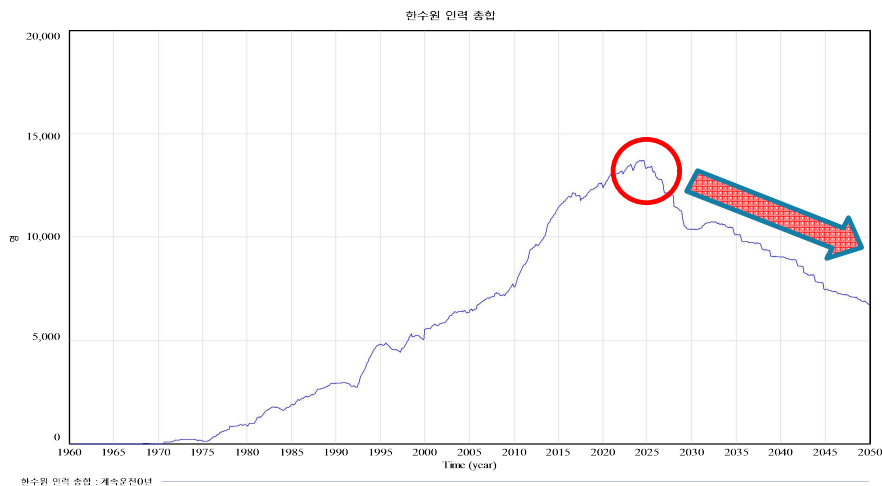


그림 4-21. BAU 시나리오 하 한수원 인력 수요 결과

모형 분석 결과, BAU 시나리오에서 2050년의 한수원 인력 수요 최종값은 6,739명으로 나타났으며, 인력 수요의 최대치는 2024년 8월 기준 13,718명으로 추정되었다. 이후 2025년부터 2030년 사이에 인력 수요가 급격히 감소하는 구간이 형성되며, 이로 인해 단기간에 상당한 고용 조정 압력이 발생할 가능성이 있는 것으로 분석되었다. 2030년 이후에는 인력 수요 감소 폭이 다소 완만해지지만, 2050년까지 전반적으로 하락 추세가 지속되는 것으로 예측되었으며, 이는 BAU 시나리오 하에서 한수원의 인력 규모가 구조적으로 축소 국면에 진입함을 의미한다. 이러한 결과는 중장기적으로 한수원의 고용 유지와 인력 재배치, 직무 전환 및 인사관리 전략 수립이 핵심 과제로 부각될 수 있음을 시사한다.

다음으로 민간 공급산업체의 BAU 시나리오 하 인력 수요 예측 결과를 살펴보면 해당 결과가 그림 4-22에 제시되어 있다. 모형 분석에 따르면, BAU 시나리오에서 2050년 민간 공급산업체의 최종 인력 수요는 11,345명으로 추정되며, 인력 수요의 최대치는 2016년 10월 기준 22,656명으로 나타났다.



그림 4-22. BAU 시나리오 하 공급산업체 인력 수요 결과

시계열 분석 결과, 2020년부터 2035년까지 민간 공급산업체의 인력 수요는 지속적인 감소 추세를 보일 것으로 예측되었다. 이는 신규원전 건설과 해외 수출이 이루어지지 않는 BAU 시나리오의 특성이 반영된 결과로 해석할 수 있다. 반면, 2035년 이후에는 약 10년간 인력 수요가 다시 증가하는 국면이 형성되는 것으로 나타났는데, 이는 1970~1980년대에 건설된 원자력발전소들이 순차적으로 해체 단계에 진입함에 따라, 해체 관련 설계·제조·운영 및 전문 기술 인력 수요<sup>9)</sup>가 증가할 것으로 예상되기 때문이

9) 발전소 해체사업에 대한 한수원의 공정단계별 인력수요 계획은 현재 고리1호기를 대상으로 한 계획이 있으며, 본 모델에서는 이를 참고하여 모델에 반영하였다. 한수원은 2025년까지 68명의 해체 인력을 확보한 상태이며, 2026년부터 2031년까지 비관리구역 해체에 97명, 2032년부터 2035년까지 관리구역해체에 109명, 2036년부터

다. 이와 같은 결과는 기준선 시나리오 하에서도 원자력 산업 내 인력 수요가 단순한 지속 감소가 아니라, 발전 단계(건설-운영-해체)에 따라 구조적으로 재편될 가능성이 있음을 시사한다.

한편, 연구·공공기관의 BAU 시나리오 하 인력 수요 예측 결과는 후술하는 ‘기준 시나리오’의 결과와 동일하게 나타난다. 이것은 본 연구에서 연구·공공기관 인력 수요를 원자력발전소의 계속운전 여부, 신규원전 건설, 해외 수출 등 산업 활동 변수와는 독립적으로 설정하고, 연구·공공부문 예산 규모(매출액)에 종속되는 구조로 모델링하였기 때문이다. 그림 4-23에서 확인할 수 있듯이, 본 연구의 기준 시나리오에서는 연구·공공부문의 예산액이 매년 3.39%씩 증가하는 것으로 가정하였으며, 이러한 가정을 적용한 결과 2050년 기준 연구·공공기관의 인력 수요 최종값은 6,868명으로 추정되었다. 또한 본 시나리오에서는 예산의 연도별 증가율이 일정하게 유지되므로, 인력 수요의 피크값 역시 2050년에 동일하게 나타나는 점진적 증가 패턴을 보였다. 이와 같이 연구·공공기관 인력 수요는 급격한 변동보다는 점증주의적(incremental) 특성을 반영하도록 설계되었으며, 연차별 인력 수요는 예산 규모의 변화에 따라 점진적으로 조정되는 구조를 갖는다. 이는 연구·공공부문의 인력 운용이 단기적인 산업 경기 변동보다는 중장기 재정 기조와 정책 연속성에 의해 결정되는 특성을 반영한 결과로 해석할 수 있다

Selected Variables

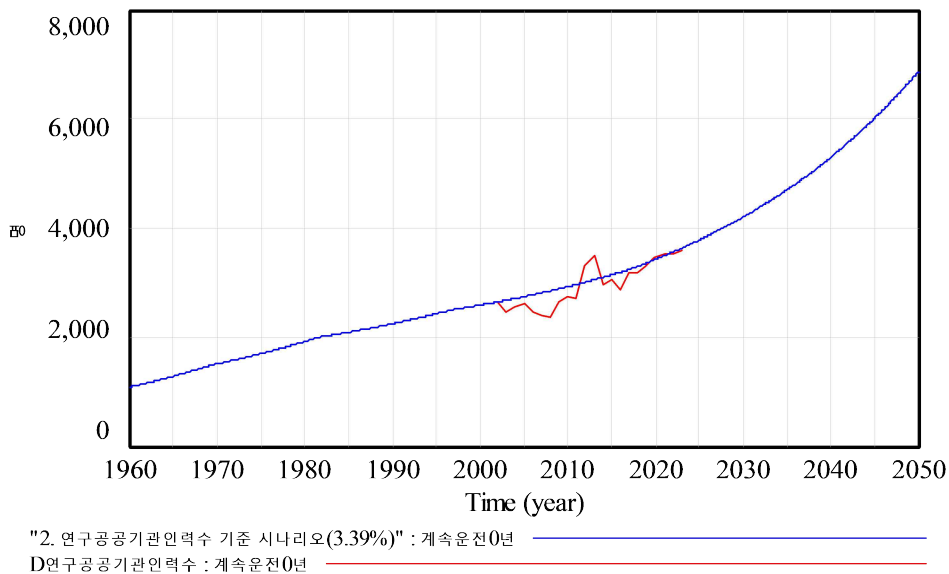


그림 4-23. BAU 시나리오 하 연구공공기관 인력 수요 결과

BAU 시나리오에 따라 발전사업자(한수원), 민간 공급산업체, 연구·공공기관의 인력 수요를 산출하고 이를 통합한 결과는 그림 4-24에 제시되어 있다. 분석 결과, BAU 시나리오에서 2050년 기준 전체 원자력 산업의 인력 수요 최종값은 24,952명으로 추정되었으며, 인력 수요의 최대치는 2016년 10월 기준 37,992명으로 나타났다. 시계열 변화 양상

2037년까지 부지복원에 44명의 인력을 확보할 계획이다(한수원 내부자료(2025), “고리 1호기 해체사업 공정과 단계별 인력확보 계획).

을 살펴보면, 2020년부터 2035년까지는 세 부문 모두의 영향이 중첩되면서 전체 원자력 산업 인력 수요가 지속적으로 감소하는 추세가 예상된다. 특히 2025년부터 2050년 사이에서 나타나는 최소 인력 수요는 2034년의 25,181명으로 분석되었으며, 이는 BAU 시나리오 하에서 원자력 산업 인력 규모가 가장 축소되는 시점으로 해석할 수 있다.

이후 2035년을 기점으로 약 10년간 인력 수요가 다시 증가하는 국면이 형성되는데, 이는 1970~1980년대에 건설된 원자력발전소들이 본격적으로 해체 단계에 진입하면서, 해체 관련 설계·제조·운영 및 전문 기술 인력 수요가 증가하기 때문이다. 이러한 결과는 BAU 시나리오 하에서도 원자력 산업 인력 수요가 단선적으로 감소하는 것이 아니라, 발전 단계의 전환에 따라 구조적 반등이 발생할 수 있음을 시사한다.

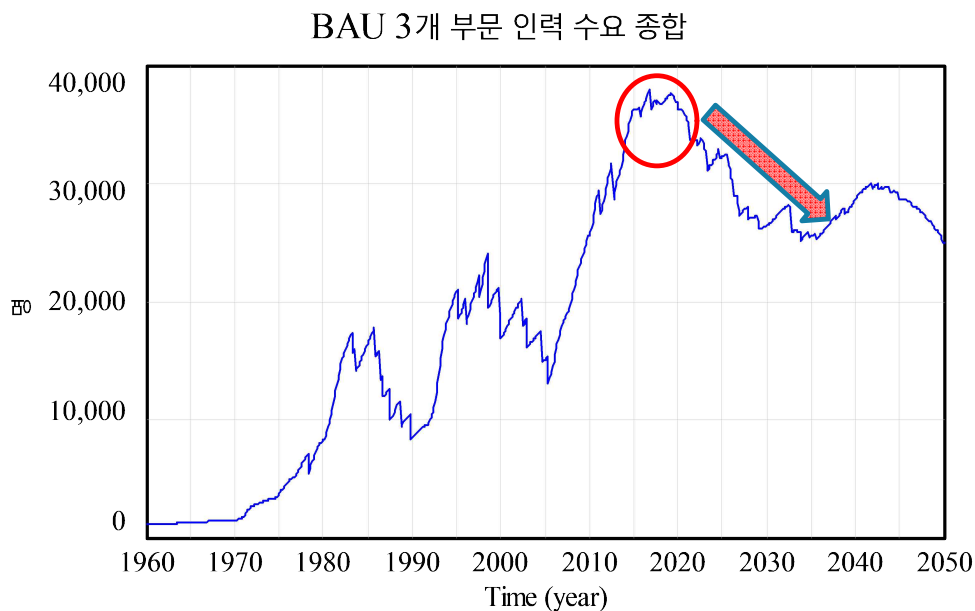


그림 4-24. BAU 시나리오 하 인력수요 종합

#### 다. 낙관 시나리오(Optimistic Scenario)

낙관 시나리오는 원자력발전소의 계속운전을 20년 이상 유지하고, 국내 신규 원전 총 26기 건설, 해외 원전 수출 총 22기, 그리고 소형모듈원자로(SMR) 총 15기 건설이 단계적으로 추진되는 경우를 가정한 시나리오이다. 이는 원자력 산업의 확장과 기술 수출이 동시에 활발히 이루어지는 상황을 전제로 설정된 시나리오로, 인력 수요 역시 가장 큰 폭으로 증가할 것으로 예상된다. 낙관 시나리오에 따른 한수원의 인력 수요 예측 결과는 그림 4-25에 제시되어 있으며, BAU 시나리오와 비교할 때 전반적으로 급격한 증가 추세를 보이는 것으로 나타났다. 모형 분석 결과, 2050년 기준 한수원의 최종 인력 수요는 17,810명으로 추정되었고, 인력 수요의 최대치는 2044년 7월 기준 19,618명에 이를 것으로 예측되었다.

한편, 2025년 이후 낙관 시나리오 하에서 나타나는 최소 인력 규모는 2029년 6월의 13,653명으로 분석되었다. 특히 2025년부터 2030년까지의 기간에는 인력 수요가 상대적으로 정체되는 양상을 보이는데, 이는 해당 기간 동안 국내 신규원전 건설 및 해외 수출 사업이 본격적인 건설 단계에 앞서 기획·설계 및 인허가 등 준비 단계에 머무르기 때문으로 해석할 수 있다. 이후 건설 및 운영 단계가 본격화됨에 따라, 한수원의 인력 수요는 다시 빠르게 증가하는 국면으로 전환되는 것으로 나타났다.

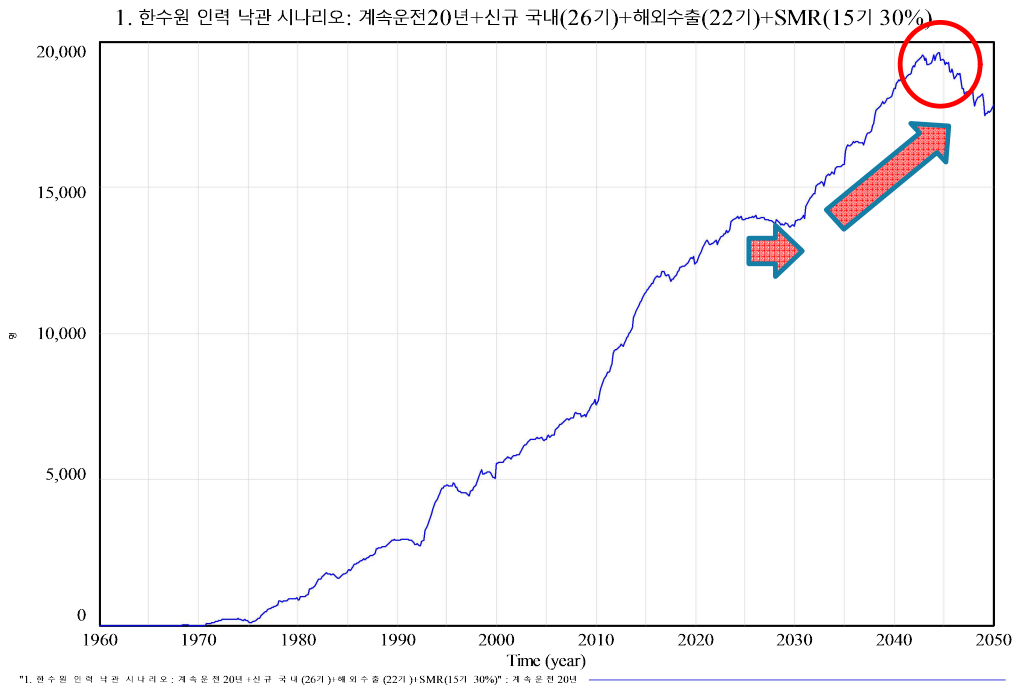


그림 4-25. 낙관 시나리오 한수원 인력 수요

낙관 시나리오에서 가장 드라마틱한 변화를 보이는 부문은 민간 공급산업체일 것이다. 그림 4-26에서 확인할 수 있듯이, 국내 원자력발전소 건설과 해외 수출 수요가 동시에 발생하는 낙관 시나리오가 적용될 경우, 공급산업체의 인력 수요는 다른 부문에 비해 현저히 큰 폭의 증가세를 보인다. 모형 분석 결과, 2050년 기준 민간 공급산업체의 인력 수요는 43,132명으로 추정되었으며, 인력 수요의 최대치는 2042년 10월 기준 64,101명에 이를 것으로 계산되었다. 이는 BAU 시나리오와 비교할 때 공급산업체 부문의 인력 수요가 구조적으로 확대되는 것을 의미하며, 원자력 산업 확장 국면에서 민간 부문의 역할과 부담이 크게 증가함을 시사한다.

한편, 낙관 시나리오 초기 단계에서는 신규원전 건설과 해외 수출 사업이 기획·설계 및 인허가 단계에 머무르기 때문에, 실제 건설·제조·설치 인력이 본격적으로 투입되지 않아 공급산업체의 인력 수요가 일시적으로 감소하는 구간이 나타난다. 이에 따라 2027년 1월 기준 공급산업체 인력 수요는 12,755명까지 하락하는 것으로 예측되었다. 그러나 낙관 시나리오가 본격적으로 집행되고 다수의 원전 건설 및 수출 프로젝트가 동시에 진행됨에 따라, 공급산업체의 인력 수요는 급속히 증가하여 2043년까지 지속적인 상

승세를 보일 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 낙관 시나리오 하에서 공급산업체가 원자력 산업 인력 수요 증가의 핵심적인 흡수 주체가 될 가능성을 보여준다.

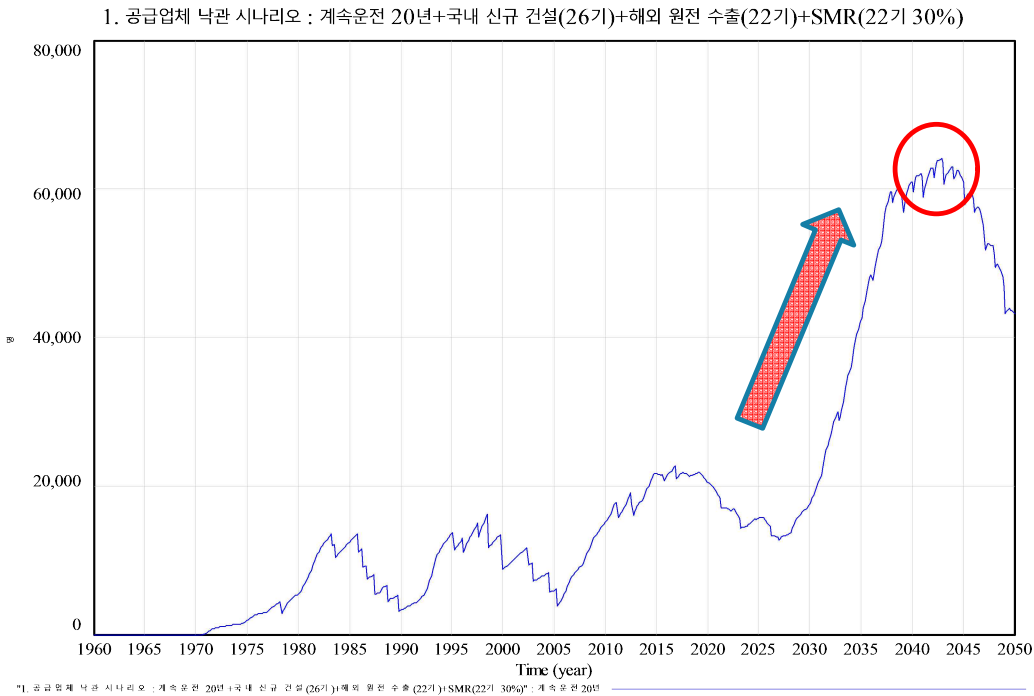


그림 4-26. 낙관 시나리오 공급산업체 인력 수요

다음으로 연구·공공기관 인력 수요의 낙관 시나리오 결과를 살펴보았다. 본 연구에서 낙관 시나리오 하의 연구·공공기관 예산액 증가율은 연평균 5%로 가정하였다. 이는 2025년 이후 해당 기관들의 예산 규모가 매년 전년도 대비 105% 수준으로 증가하는 경로를 의미하며, 이러한 예산 확대에 따라 연구·공공기관의 인력 수요 역시 점진적으로 증가할 것으로 예상된다.

물론, 예산액의 명목 증가에도 불구하고 물가 상승률을 고려한 실질(real) 예산액은 감소하거나 증가 폭이 제한될 가능성이 존재한다. 그러나 본 연구의 모형은 전 분석 기간에 걸쳐 동일한 화폐 가치 기준을 적용하는 구조를 갖고 있어, 명목(nominal) 기준의 예산 증가율을 적용하더라도 인력 수요 산정에는 일관된 효과가 반영된다. 따라서 물가 변동에 따른 실질 예산 변화는 본 연구의 범위에서는 별도로 고려하지 않았다.

그림 4-27에 제시된 분석 결과에 따르면, 낙관 시나리오 하에서 2050년 연구·공공기관의 인력 수요는 9,672명으로 추정되었으며, 예산 증가가 지속적으로 반영되는 구조이기 때문에 인력 수요의 피크값 역시 동일한 수준에서 나타났다. 이와 같은 결과는 예산 확대를 전제로 한 낙관 시나리오 하에서 연구·공공기관 인력 수요가 비교적 빠른 속도로 증가할 가능성을 시사한다.

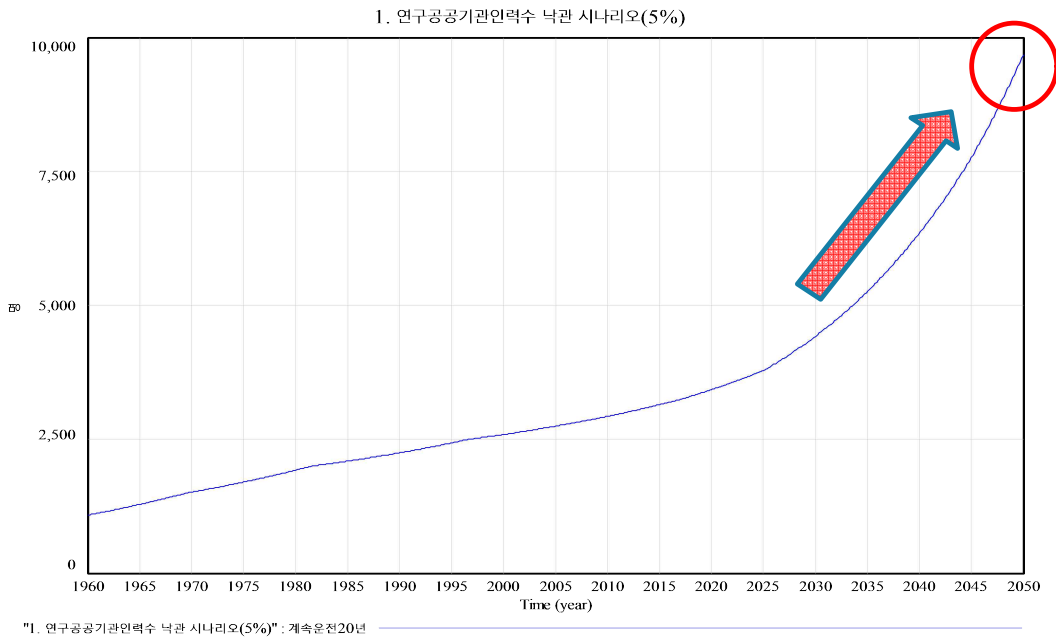


그림 4-27. 낙관 시나리오 연구공공기관 인력 수요

낙관 시나리오에 따라 발전사업자(한수원), 민간 공급산업체, 연구·공공기관의 인력 수요를 합산한 결과는 그림 4-28에 제시되어 있다. 모형 분석 결과, 낙관 시나리오 하에서 2050년 기준 전체 원자력 산업의 최종 인력 수요는 70,616명으로 추정되었으며, 인력 수요의 최대치는 2042년 10월 기준 90,746명이다.

시계열 변화 양상을 살펴보면, 2025년부터 2050년 사이에서 낙관 시나리오의 최소 인력 수요는 2027년 기준 30,650명으로 분석되었다. 이후 국내 신규원전 건설과 해외 수출, SMR 건설 사업이 본격화됨에 따라 2028년 이후부터 2045년까지 약 18년간 인력 수요가 급격히 증가하는 구간이 형성되는 것으로 예측되었다. 2045년 이후에는 대규모 건설 및 수출 사업이 순차적으로 마무리 단계에 접어들면서, 전체 원자력 산업 인력 수요는 점진적인 감소세로 전환되는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 낙관 시나리오 하에서 원자력 산업 인력 수요가 장기간에 걸쳐 급격히 확대되었다가, 이후 축소 국면으로 이동하는 전형적인 ‘확장-조정(Expansion-Adjustment)’ 패턴을 보일 가능성을 보여준다. 그러나, 이는 2050년을 목표 시점으로 원전 운영 기수를 책정함으로써 2040년대 후반기 신규원전 건설사업이 없다고 가정한 때문이며, 2040년대에도 지속적인 신규 원전 건설 사업이 진행된다면 해당 기간 인력 수요 감소는 발생하지 않을 것이다.

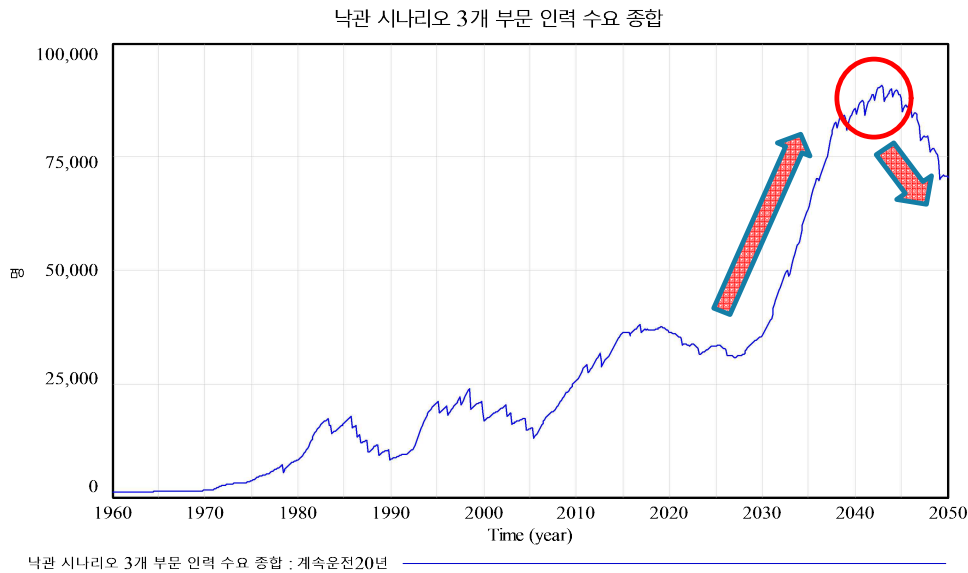


그림 4-28. 낙관 시나리오 인력수요 합계

**라. 기준 시나리오(Baseline Scenario)<sup>10)</sup>**

본 연구의 기준 시나리오는 원자력발전소의 계속운전을 20년간 유지하고, 국내 신규 원전 14기 건설, 해외 원전 수출 12기, 그리고 소형모듈원자로(SMR) 총 8기의 건설이 단계적으로 추진되는 경우를 가정한다. 이러한 가정을 바탕으로 산출한 한수원의 인력 수요에 대한 기준 시나리오 결과는 그림 4-29에 제시되어 있다.

모형 분석 결과, 기준 시나리오 하에서 2050년 한수원의 인력 수요 최종값은 13,670명으로 추정되었으며, 인력 수요의 최대치는 2043년 10월 기준 16,465명으로 나타났다. 한편, 기준 시나리오에서 나타나는 최소 인력 규모는 2049년 1월의 13,291명으로 분석되었다. 시계열 변화 양상을 살펴보면, 2025년부터 2043년까지는 국내 원전 건설과 해외 수출 사업이 본격화됨에 따라 한수원의 인력 수요가 지속적으로 증가하는 추세를 보인다. 이후 주요 건설 사업이 단계적으로 마무리되면서, 2043년 이후에는 인력 수요가 점진적인 감소 국면으로 전환되는 것으로 예측되었다. 그러나, 2040년대 후반기 인력 수요 감소는 낙관 시나리오 분석 내용과 같이 해당 기간 신규 원전 건설 및 원전 수출이 없다고 가정한 데 기인한다.

10) 기준 시나리오에서 공공연구기관은 BAU 시나리오와 동일한 가정과 결과를 보여주므로 설명을 생략한다.

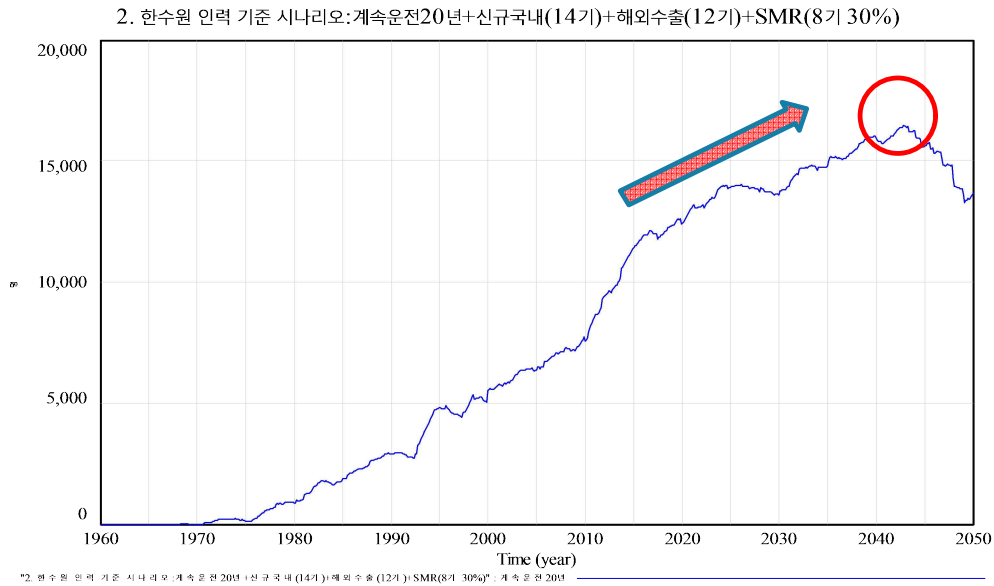


그림 4-29. 기준 시나리오 한수원 인력수요

기준 시나리오 하에서 2050년 민간 공급산업체의 인력 수요 최종값은 29,191명으로 추정되었으며, 인력 수요의 피크값은 2041년 6월 기준 39,501명으로 나타났다. 반면, 기준 시나리오에서 공급산업체 인력 수요가 가장 낮은 시점은 2027년 1월로, 이때의 인력 규모는 12,755명으로 분석되었다. 이는 기준 시나리오 초기 단계에서 신규 원전 건설 및 해외 수출 사업이 주로 기획·설계 및 인허가 단계에 머무르기 때문으로 해석할 수 있다.

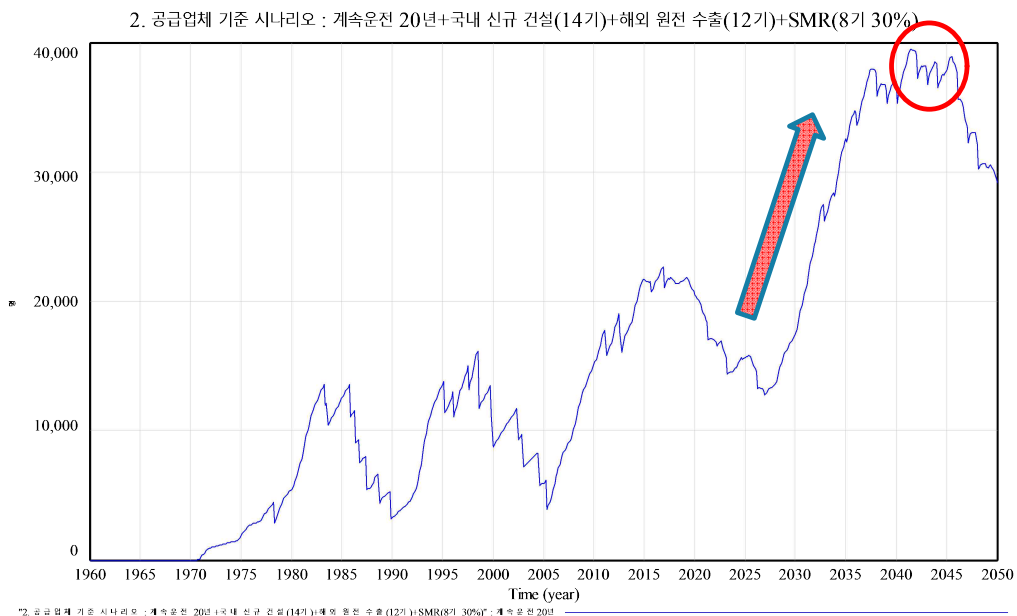


그림 4-30. 기준 시나리오 공급산업체 인력수요

2027년부터 2045년까지는 공급산업체 인력 수요가 전반적으로 증가 추세를 보이며, 증가 속도에는 차이가 있으나 전반적인 시간적 패턴은 낙관 시나리오의 결과와 유사한 양상을 나타낸다. 이러한 결과는 기준 시나리오 하에서도 원자력 산업의 확장 국면이 일정 기간 지속되면서, 민간 공급산업체가 중장기적인 인력 수요 증가를 흡수하는 핵심 부문으로 기능할 가능성이 있음을 시사한다.

다음으로 기준 시나리오에 따른 발전사업자(한수원), 민간 공급산업체, 연구·공공기관의 인력 수요를 합산한 결과가 그림 4-31에 제시되어 있다. 시뮬레이션 결과에 따르면, 기준 시나리오 하에서 2050년 기준 전체 원자력 산업의 인력 수요 최종값은 49,730명으로 추정되었으며, 인력 수요의 최대치는 2041년 6월 기준 61,017명으로 나타났다. 세계 열 변화 양상을 살펴보면, 2025년부터 2050년 사이에서 기준 시나리오의 최소 인력 수요는 2027년의 30,575명으로 분석되었다. 이후 2027년부터 2041년 중반까지는 국내 원전 건설과 해외 수출 사업의 진행에 따라 인력 수요가 지속적으로 증가하는 추세를 보인다. 2041년 이후에는 약 5년간 인력 수요가 비교적 정체된 상태를 유지하다가, 주요 건설 및 수출 사업이 단계적으로 종료되면서 점진적인 감소 국면으로 전환되는 양상이 관찰된다.

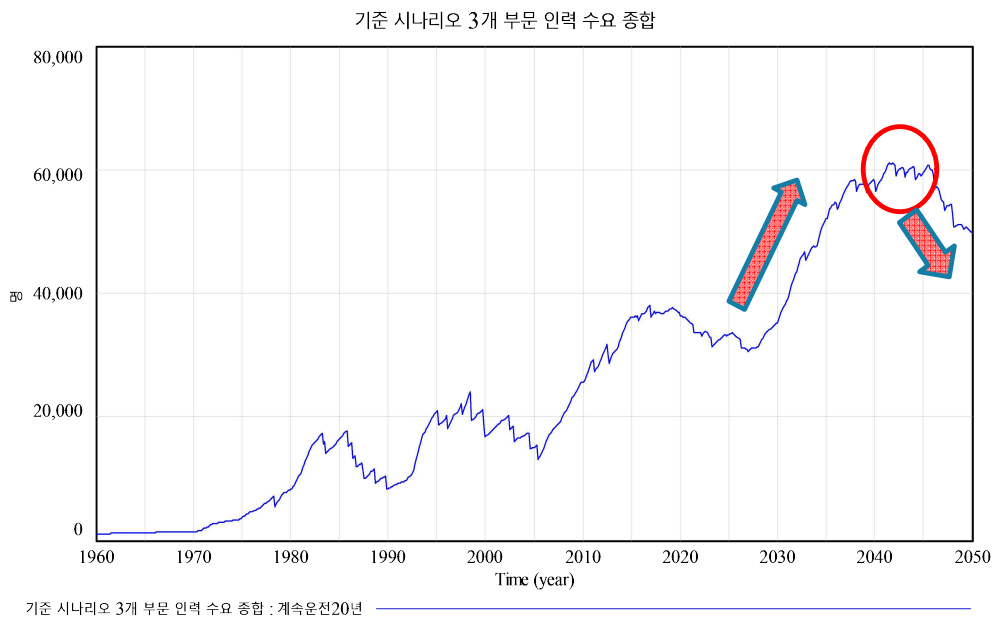


그림 4-31. 기준 시나리오 인력수요 합계

#### 마. 비관 시나리오(Pessimistic Scenario)

최종 시나리오로서 비관 시나리오는 원자력발전소의 계속운전을 10년으로 제한하고, 국내 신규 원전 8기 건설, 해외 원전 수출 8기, 그리고 소형모듈원자로(SMR) 5기의 건설이 이루어지는 경우를 가정한다. 이는 낙관 시나리오와 비교할 때 건설 및 수출 물량이 상당히 축소된 상황을 전제로 한 시나리오로, 아울러 연구·공공부문의 예산 증가율을

연평균 1% 수준으로 설정함에 따라, 전반적인 인력 수요의 증가 폭 역시 제한적일 것으로 예상된다.

우선, 한수원의 비관 시나리오 하 인력 수요 예측 결과는 그림 4-32에 제시되어 있다. 모형 분석 결과, 비관 시나리오에서 2050년 기준 한수원의 인력 수요 최종값은 11,118명으로 추정되었으며, 인력 수요의 최대치는 2032년 8월 기준 14,590명으로 나타났다. 반면, 최소 인력 규모는 2048년 10월의 10,597명으로 분석되었다. 시계열 변화 양상을 살펴보면, 비관 시나리오 하에서 한수원의 인력 수요는 2032년까지는 지속적으로 증가하지만, 이후 신규 건설 및 수출 사업의 감소와 함께 점진적인 감소 국면으로 전환되는 것으로 예측되었다. 이러한 결과는 비관 시나리오가 원자력 산업 전반의 성장 동력을 제한하는 환경을 전제로 하고 있음을 보여주고 있다.

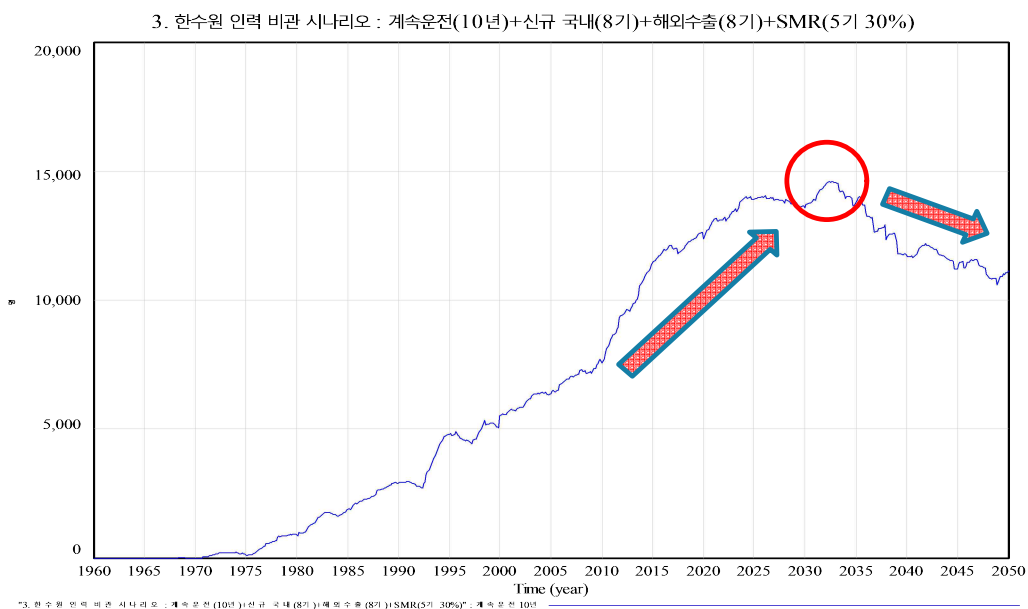


그림 4-32. 비관 시나리오 한수원 인력수요

다음은 비관 시나리오 하에서 공급산업체에 대한 인력 수요 예측이다. 그림 4-33에서 보듯, 2050년 기준 민간 공급산업체의 인력 수요 최종값은 25,525명으로 추정되었으며, 인력 수요의 최대치는 2035년 기준 28,604명으로 나타났다. 반면, 최소 인력 규모는 2027년의 12,755명으로 분석되었다.

시계열 변화 양상을 보면, 2027년부터 2035년까지는 공급산업체 인력 수요가 비교적 빠르게 증가하는 구간이 형성되지만, 이후에는 증가와 감소가 반복되는 변동적 패턴이 나타나는 것으로 예측되었다. 이러한 양상은 비관 시나리오에서 원자력발전소의 계속운전 기간이 10년으로 제한됨에 따라 기존 원전의 해체 수요가 발생하는 동시에, 신규 원전 건설 및 운영 수요는 점차 둔화되는 구조가 반영된 결과로 해석할 수 있다. 즉, 비관 시나리오 하에서는 해체 사업을 중심으로 한 단기적 인력 수요 증가와 신규 건설·운영 수요 감소가 교차하면서, 공급산업체 인력 수요가 주기적인 증감을 반복하는 구조적 특성을 보일 가능성이 있음을 시사한다.

3. 공급업체 비관 시나리오 : 계속운전 10년+국내 신규 건설(8기)+해외 원전 수출(8기)+SMR(5기 30%)

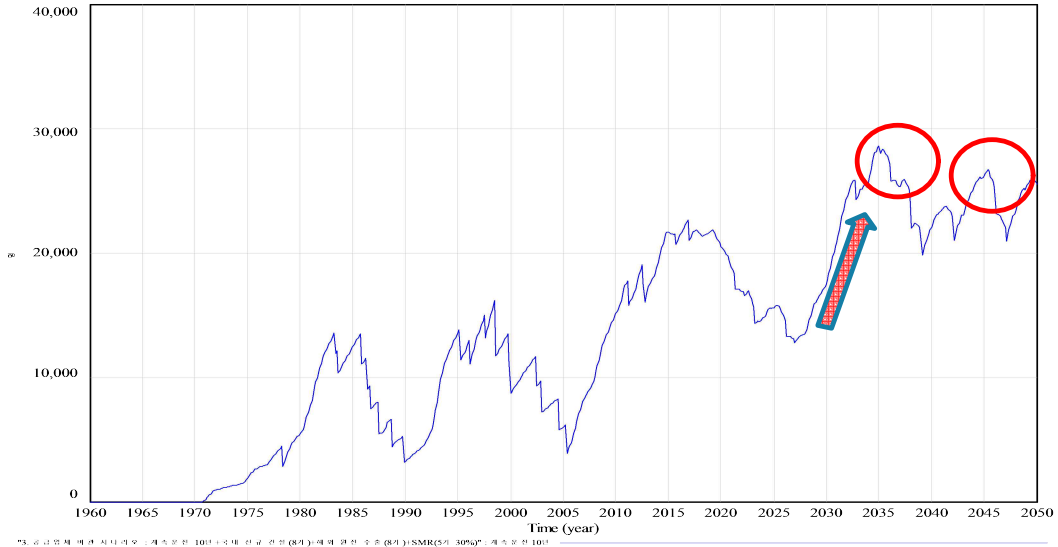
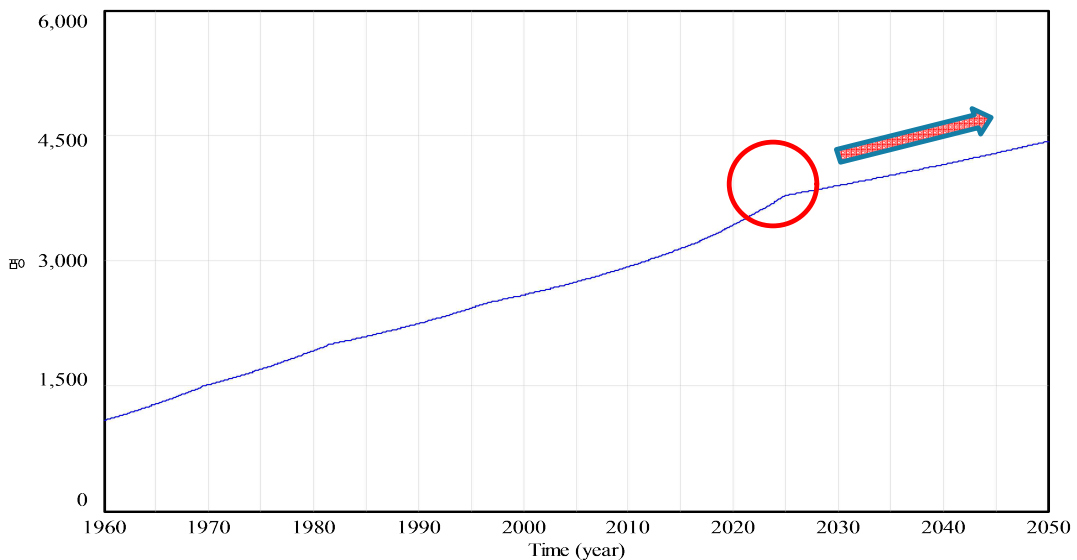


그림 4-33. 비관 시나리오 공급산업체 인력수요

한편, 비관 시나리오에서는 공공연구부문의 예산액 증가율을 연 1%로 가정하였다. 이에 따라 2025년 이후 공공연구부문의 예산은 전년도 대비 매년 1%씩 증가하는 것으로 설정되며, 예산액에 종속된 인력 수요 역시 이에 상응하여 변동한다. 시뮬레이션 결과, 비관 시나리오에서 2050년 공공연구부문의 인력 수요 최종값은 4,430명으로 산출되었으며, 피크값 또한 동일한 수준으로 나타났다. 이러한 결과는 공공연구부문의 인력 수요가 급격한 변동 없이 비교적 완만한 증가 추세를 보일 것임을 시사한다.

3. 연구공공기관인력수 비관시나리오(1%)



"3. 연구공공기관인력수 비관시나리오(1%)": 계속운전10년

그림 4-34. 비관 시나리오 연구공공기관 인력수요

비관 시나리오에 따라 세 부문의 인력 수요를 종합하면 그림 4-35과 같은 결과가 도출된다. 이에 따르면 2050년 비관 시나리오의 전체 인력 수요 최종값은 41,074명이며, 피크값은 2035년에 46,400명으로 나타난다. 반면, 인력 수요의 최소값은 2027년의 30,461명으로 확인되었다. 전반적으로 2027년부터 2035년까지는 인력 수요가 지속적으로 증가하는 모습을 보이지만, 이후에는 감소와 성장이 반복되는 양상이 나타나고 있다. 이 패턴은 비관 시나리오에서 계속운전 기간이 상대적으로 짧고 신규 건설 및 수출 규모가 제한됨에 따라, 해체와 운영, 건설 수요가 교차적으로 발생하면서 인력 수요의 증감이 주기적으로 나타난 결과로 해석할 수 있다.

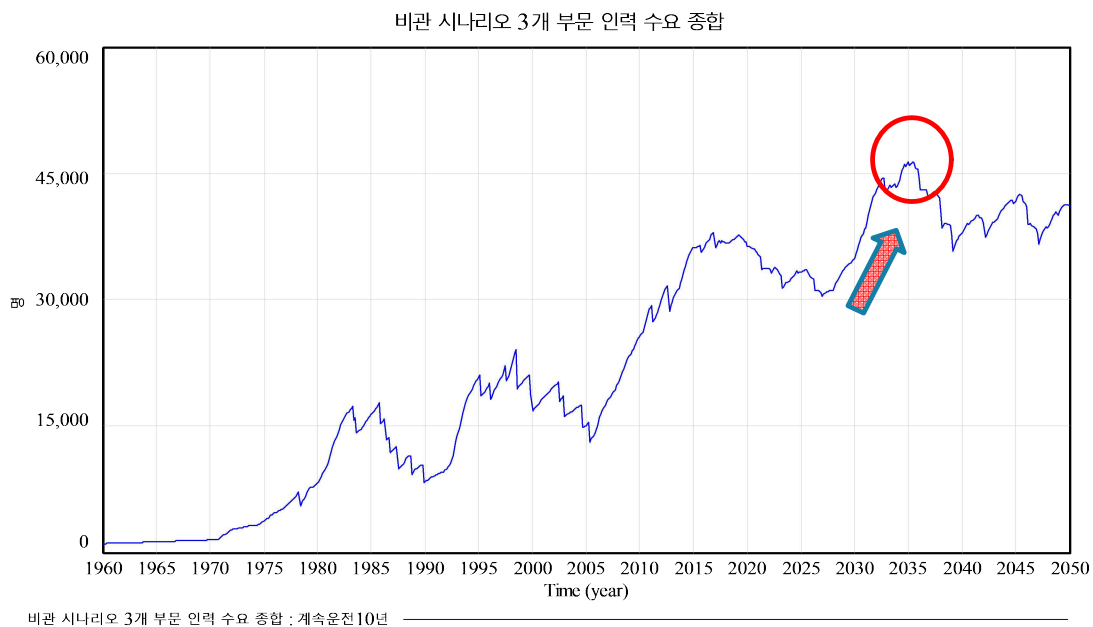


그림 4-35. 비관 시나리오 인력수요 합계

#### 바. 시나리오별 인력 수요 정리

지금까지 기준선 시나리오(BAU)를 포함하여 총 네 개의 시나리오에 따라 원자력 산업계 인력 수요를 추정하였고 각 시나리오별 결과를 통합하여 나타낸 것이 그림 4-36이다.

이러한 시뮬레이션 결과를 토대로 2050년 시점의 최종 인력 수요와 시나리오 기간 중의 피크값을 정리하여 표 4-6를 도출하였다. 분석 결과, 기준선 시나리오(BAU)를 기준으로 할 경우 낙관 시나리오는 약 2.4배의 인력 수요 증가를 유발하는 것으로 나타났으며, 기준 시나리오는 약 1.6배, 비관 시나리오는 약 1.22배 수준의 인력 수요를 보이는 것으로 추정되었다. 이는 원자력 산업 인력 수요가 계속운전 여부, 신규원전 건설 규모, 해외 수출, 그리고 SMR 도입과 같은 중·장기적 구조 요인에 의해 크게 좌우된다는 점을 시사한다. 특히 동일한 산업을 대상으로 하더라도 시나리오 가정의 차이에 따라

2050년의 인력 규모가 배 이상 차이를 보일 수 있다는 점은 장기적 관점에서 매우 중요하다.

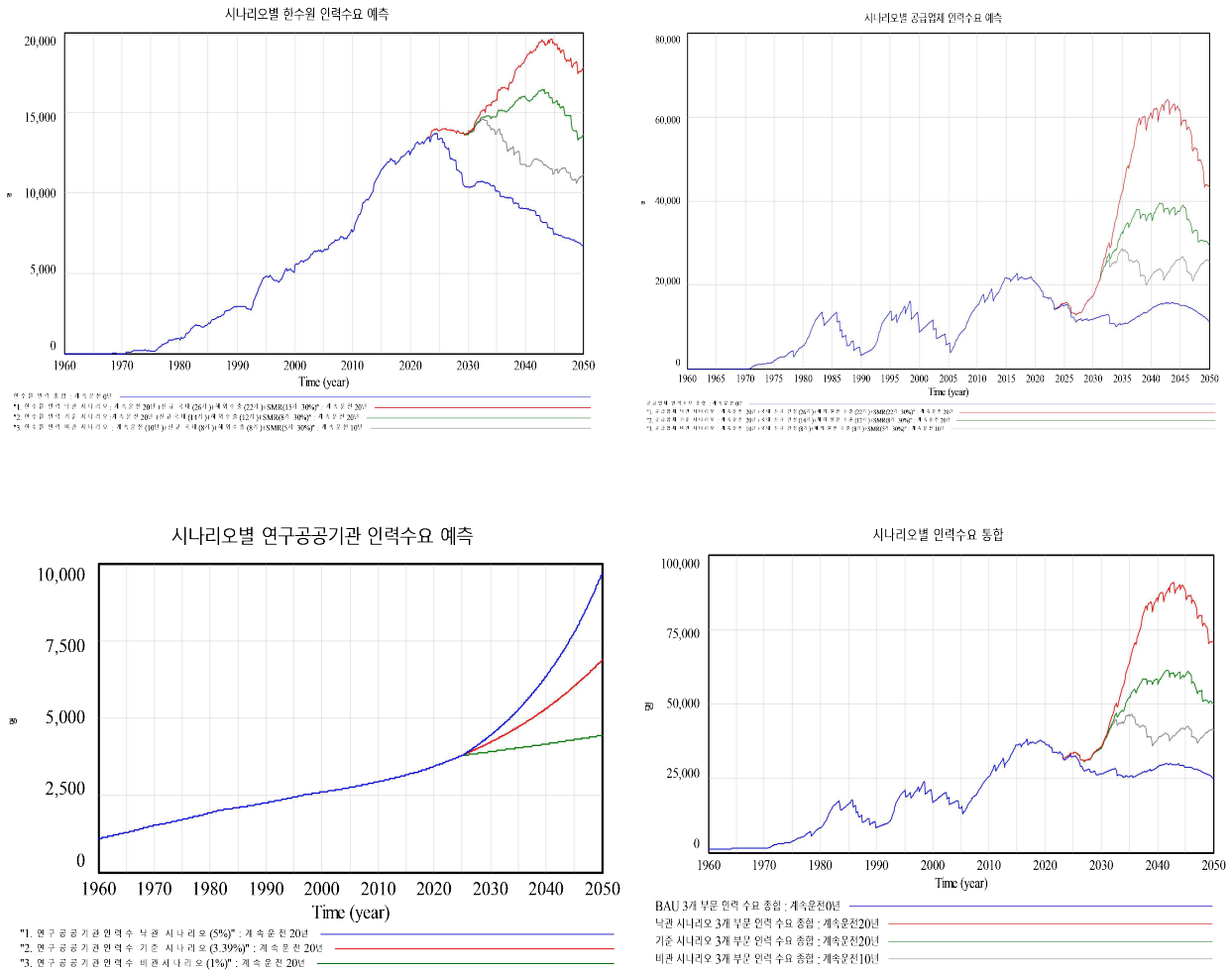


그림 4-36. 시나리오별 인력수요 종합

표 4-6. 시뮬레이션 시나리오 인력수요 결과 정리

구분 (2050년 까지)	BAU		낙관 시나리오		기준 시나리오		비관 시나리오	
	최종값	피크값	최종값	피크값	최종값	피크값	최종값	피크값
한수원	6,739	13,718	17,810	19,618	13,670	16,465	11,118	14,590
공급업체	11,345	22,656	43,132	64,101	29,191	39,501	25,525	28,604
연구공공기관	6,868	6,868	9,672	9,672	6,868	6,868	4,430	4,430
3부문 통합 인력 수요 (중첩)	24,952	37,992	70,614	90,746	49,730	61,017	41,073	46,400

### 3.6. 원자력 산업 인력 신규 수요 산정

현재까지 산출한 인력 수요는 연차별 총 인력 수요로, 특정 연도에 산업 전반에서 필요로 하는 인력 규모를 나타낸다. 그러나 인력 수급 분석에서는 총 인력 수요보다는 실제로 해당 연도에 새롭게 충원되어야 하는 인력 규모를 파악하는 것이 중요하므로, 이를 연차별 신규 인력 수요로 전환하여야 한다.

앞서 설명한 바와 같이, 연차별 신규 인력 수요는 직전( $t-1$ ) 인력 수요를 기준으로 자연 이탈에 의해 발생하는 대체 수요를 반영하여 산출하였다. 이를 위해 시스템 다이내믹스 모델링 도구인 Vensim의 Fixed Delay 함수를 활용하여 인력 수요의 직전 값을 구하고, 여기에 자연 이탈률을 적용함으로써 연차별 신규 인력 수요를 계산하였다. 이러한 방식은 인력 수요 증가뿐만 아니라 기존 인력의 유지에 필요한 수요까지 함께 고려할 수 있다는 점에서 현실적인 인력 수급 구조를 반영한다.

한편, 산출된 신규 인력 수요에 원자력학과 출신 인력 수요율을 적용하여, 전체 신규 인력 수요 중 원자력 전공 인력에 대한 연차별 신규 수요를 추정하였다. 이 과정은 각 시나리오별로 동일하게 적용되어, 시나리오 간 비교가 가능하도록 구성되었다.

최종적으로 도출된 원자력학과 출신 신규 인력 수요는 원자력학과 졸업생 수로 대표되는 신규 공급 인력과의 격차를 산출하는 데 활용되며, 이를 통해 향후 인력 수급 불균형 가능성을 정량적으로 검토하는 토대가 된다.

#### 가. 시나리오에 따른 원자력 산업계 신규 인력 수요

본 연구에서는 BAU 시나리오를 포함하여 낙관, 기준, 비관 시나리오별로 2025년부터 2050년까지 원자력 산업계의 신규 인력 수요를 산출하였다. 이 중 BAU 시나리오에 따른 원자력 산업계 신규 인력 수요는 그림 4-37에 나타나 있는데, 원자력 산업계 신규 인력 수요의 최소값은 2028년의 171명으로 나타났으며, 최대값은 2025년의 1,419명으로 산출되었다. 분석 기간 전체에 대한 신규 인력 수요의 평균값은 1,107.8명, 중위값은 1,171.5명이었다.

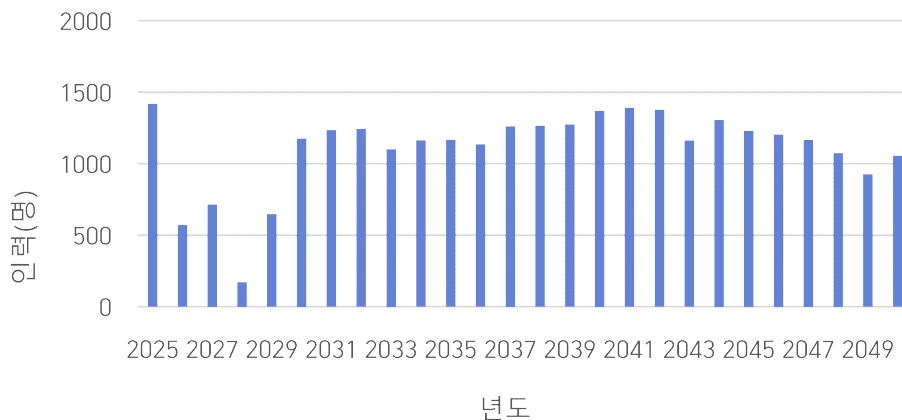


그림 4-37. BAU 시나리오 신규 인력 수요

낙관 시나리오에서의 원자력 산업계 신규 인력 수요 규모는 그림 4-38에 제시된 바와 같이, 분석 기간 동안 점진적으로 증가하는 양상을 보이고 있다. 연차별 신규 인력 수요의 최소값은 2027년의 875명으로 나타났으며, 최대값은 2044년의 4,403명으로 산출되었다. 또한 분석 기간 전체에 대한 신규 인력 수요의 평균값은 2,885명, 중위값은 3,196.5명이었다.

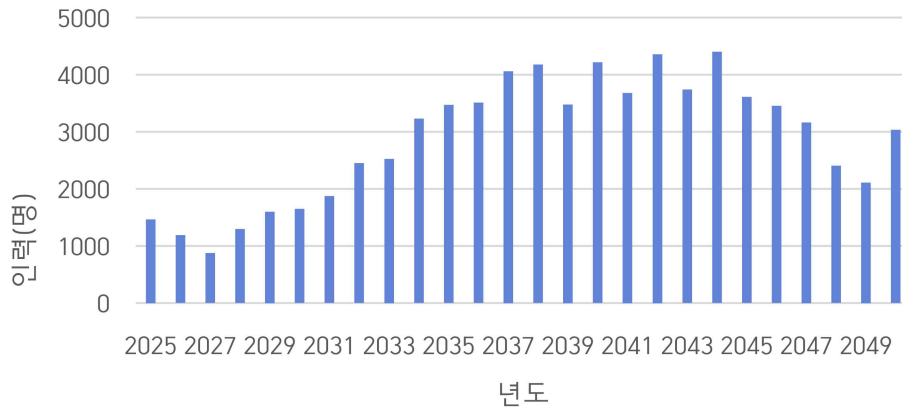


그림 4-38. 낙관 시나리오 신규 인력 수요

기준 시나리오에서의 신규 인력 수요 규모는 그림 4-39에서 보는 바와 같이, 2027년의 867명이 최소 신규 인력 수요였고, 2041년의 3,089명이 최대 신규 인력 수요였다. 기준 시나리오의 평균 신규 인력 수요값은 2,106.6명이고, 중위값은 2,244명이었다.

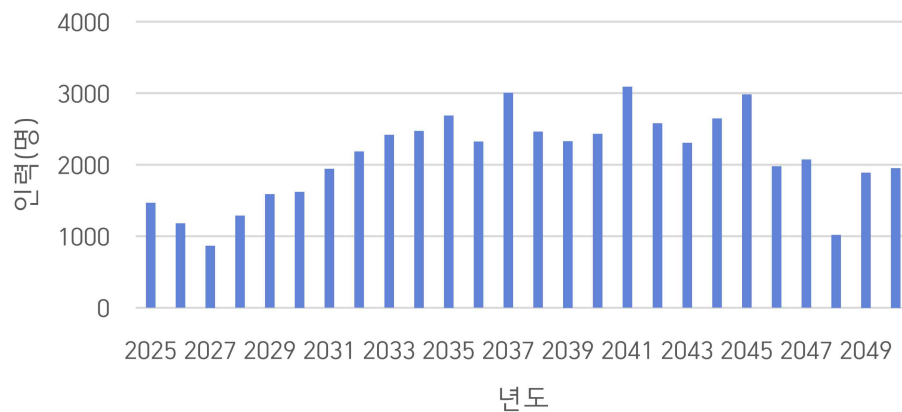


그림 4-39. 기준 시나리오 신규 인력 수요

비관 시나리오에서의 원자력 산업계 신규 인력 수요 규모는 그림 4-40에 제시되어 있다. 분석 결과, 연차별 신규 인력 수요의 최소값<sup>11)</sup>은 2038년의 308명으로 나타났으며,

11) 2038년에 인력수요가 급격히 작아진 이유는 그림 4-32과 그림 4-33에서 보듯이, 해당 시점에 한수원과 공급업체의 총 인력수요가 공히 줄어들었기 때문이며, 근본적으로 살펴보면 여러 발전소의 건설과정에서 소요되는 인

최대값은 2035년의 2,400명으로 산출되었다. 분석 기간에 비관 시나리오의 신규 인력 수요 평균값은 1,645명, 중위값은 1,732명이었다.

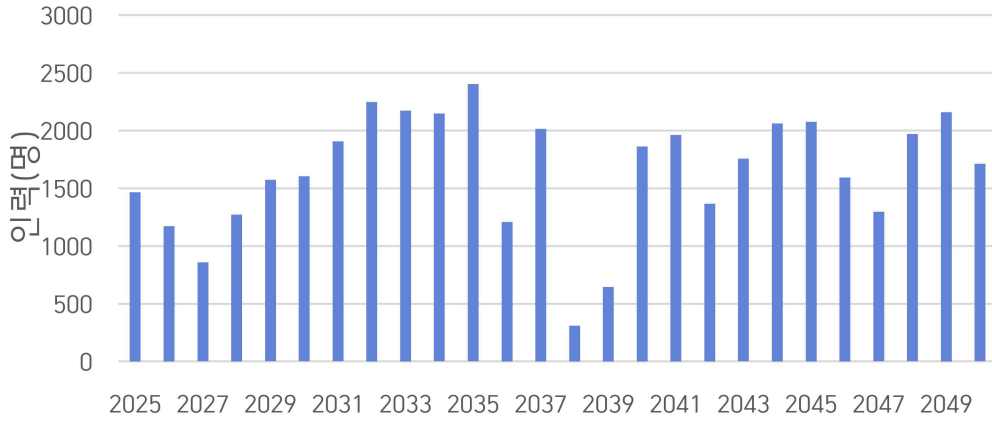


그림 4-40. 비관 시나리오 신규 인력 수요

#### 나. 시나리오에 따른 원자력 전공 신규 인력 수요

본 연구에서는 원자력 산업 내 부문별 인력 구성 특성을 반영하기 위해, 한수원의 원자력 유관 학과 출신 인력 비중을 10%, 공급산업체는 8.6%, 공공연구기관은 25%로 가정하였다. 이러한 가정을 앞서 산출한 원자력 산업계 전체 신규 인력 수요에 적용함으로써, 연차별 원자력 유관 학과 출신 신규 인력 수요 규모를 도출하였다.

먼저, BAU 시나리오에 따른 원자력 유관 학과 출신 신규 인력 수요는 그림 4-41에 제시되어 있다. 분석 결과, 연차별 신규 인력 수요는 2028년의 36.8명을 최소값으로 하고 있으며, 2042년의 156.8명이 최대값이었다. 분석 기간 전체에 대한 BAU 시나리오의 원자력학과 출신 신규 인력 수요 평균값은 130.3명, 중위값은 137.9명으로 산출되었다.

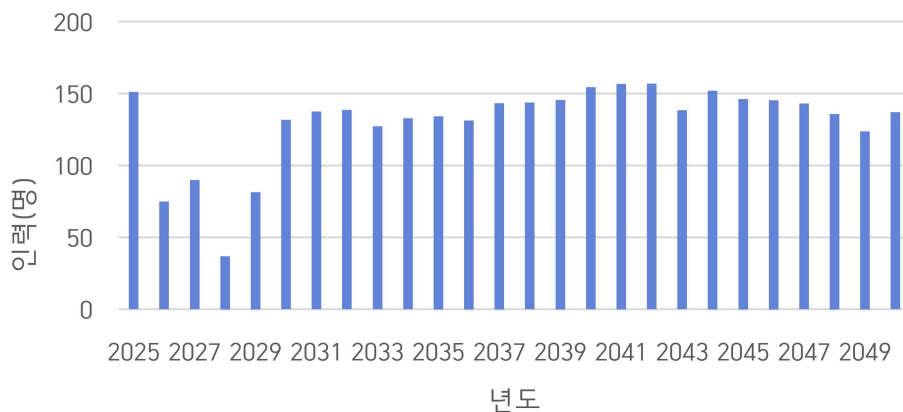


그림 4-41. BAU 시나리오 원자력 유관 학과 출신 신규 인력 수요

력이 최소한도로 투입되는 시점이 맞물렸기 때문이라고 추정할 수 있다. 즉, 발전소 건설에 투입되는 인력이 최소화되는 시간이 겹쳤기 때문이라고 판단된다.

다음으로 낙관 시나리오에 따른 원자력 유관 학과 출신 신규 인력 수요 산정 결과는 그림 4-42에 제시되어 있다. 분석 결과, 연차별 원자력학과 출신 신규 인력 수요의 최소값은 2027년의 105.5명으로 나타났으며, 최대값은 2044년의 437.6명으로 산출되었다. 분석 기간 전체에 대한 평균 원자력학과 출신 신규 인력 수요는 294.2명, 중위값은 335명으로 계산되었다.

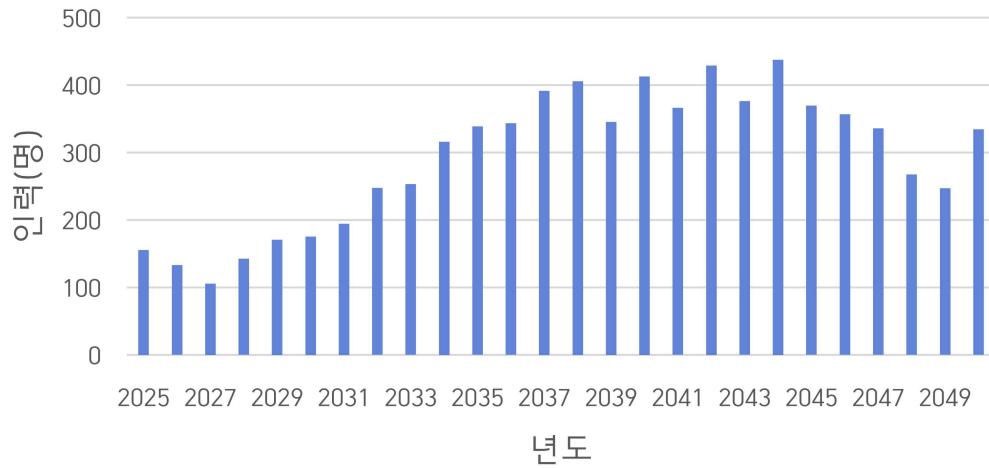


그림 4-42. 낙관 시나리오 원자력 유관 학과 출신 신규 인력 수요

기준 시나리오에 따른 원자력 유관 학과 출신 신규 인력 수요는 그림 4-43에 제시되어 있다. 분석 결과, 연차별 원자력학과 출신 신규 인력 수요의 최소값은 2027년의 103.6명으로 나타났으며, 최대값은 2041년의 306.8명으로 산출되었다. 분석 기간 전체에 대한 평균 원자력학과 출신 신규 인력 수요는 218.7명, 중위값은 229.5명으로 나타났다.

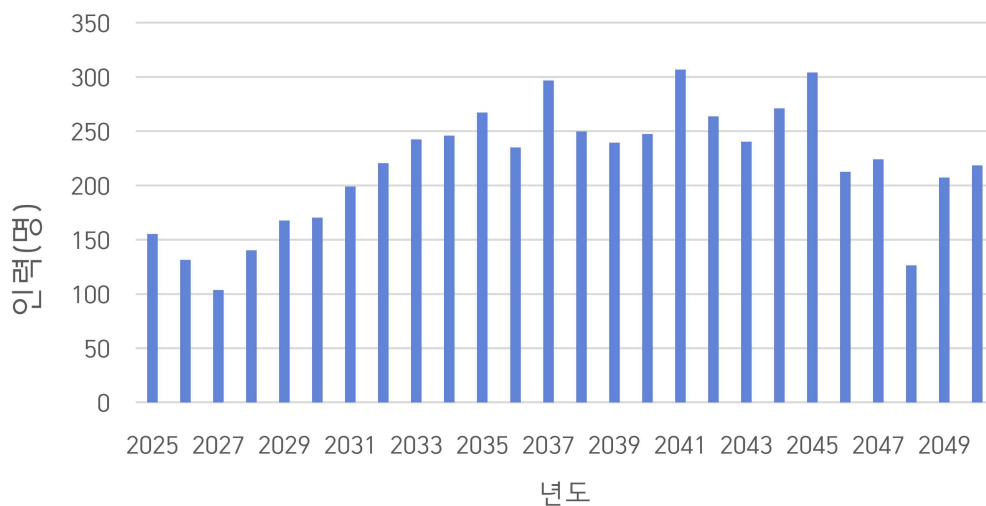


그림 4-43. 기준 시나리오 원자력학과 출신 신규 인력 수요

마지막으로 비관 시나리오에 따른 원자력 유관 학과 출신 신규 인력 수요를 살펴보면, 그림 4-44에 제시되어 있다. 분석 결과, 연차별 원자력학과 출신 신규 인력 수요의 최소값은 2038년의 48명으로 나타났으며, 최대값은 2035년의 237.5명으로 산출되었다. 분석 기간 전체에 대한 평균 원자력학과 출신 신규 인력 수요는 170.2명, 중위값은 179.3명으로 나타났다.

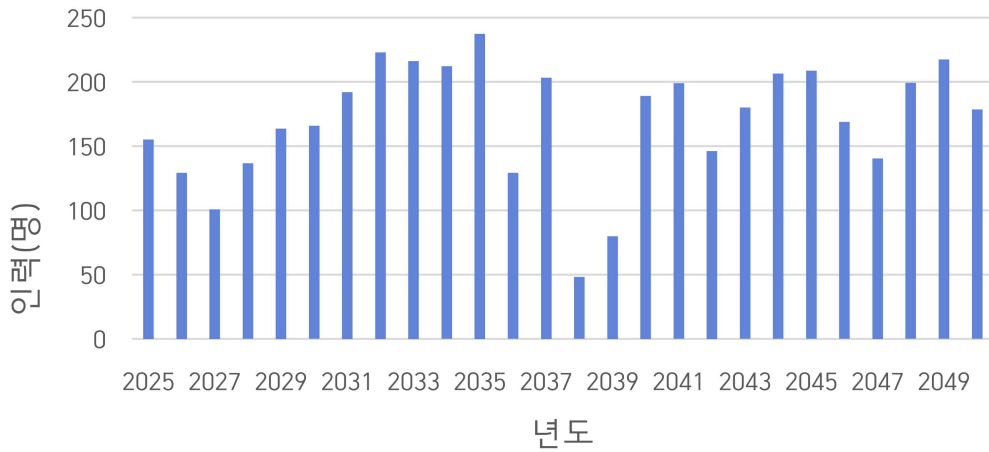


그림 4-44. 비관 시나리오 원자력 유관 학과 출신 신규 인력 수요

#### 다. 원자력산업계 신규 인력 수요 종합과 민감도

지금까지 분석한 각 시나리오별 원자력 산업계 신규 인력 수요와 원자력학과 출신 신규 인력 수요를 종합한 결과가 표 4-7에 제시되어 있다. BAU 시나리오에서 원자력학과 출신 신규 인력 수요가 연평균 약 130명 수준으로 추정되었는데, 이를 기준으로 비교할 경우 낙관 시나리오는 약 2.26배, 기준 시나리오는 약 1.68배, 비관 시나리오는 약 1.3배 수준의 원자력학과 출신 신규 인력 수요가 발생하는 것으로 최종적으로 분석되었다.

표 4-7. 시나리오별 신규 인력 수요 종합

구분	BAU		낙관 시나리오		기준 시나리오		비관 시나리오	
	신규인력 수요	원자력학과 출신 인력 수요	신규인력 수요	원자력학과 출신 인력 수요	신규인력 수요	원자력학과 출신 인력 수요	신규인력 수요	원자력학과 출신 인력 수요
최소값	171	36.8	875	105.5	867	103.6	308	48
최대값	1,419	156.8	4,403	437.6	3,089	306.8	2,400	237.5
평균값	1,107.8	130.3	2,885.2	294.2	2,106.6	218.7	1,645	170.2
중위값	1,171.5	137.8	3,196.5	335	2,244	229.5	1,732	179.3

물론 본 연구에서 제시한 인력 수요 예측 결과는 절대적인 기준으로 해석되기에는 한계가 있다. 이는 본 연구에서 구축한 시스템 다이내믹스 모델이 일정한 가정, 함수식, 그리고 상수값에 기반하고 있으며, 이러한 요소들은 모두 일정한 범위를 가지거나 향후 변화할 가능성이 있기 때문이다. 특히 자연 이탈률과 같이 경제적·사회적 여건 변화에 민감하게 반응하는 변수의 경우, 단기간 내에도 변동될 수 있어 현재 모델에서 산출한 예측값의 정확성에 제약이 존재한다. 또한 SMR의 인력 수준과 같이 아직 정해지지 않는 변수도 모델 구축과정에서 가정하여 활용하였다. 그러므로 정해지지 않았거나 시간에 따른 변동이 내재되어 있는 변수들을 식별하고 그 한계를 감안하기 위해 민감도 분석(Sensitivity Analysis)<sup>12)</sup>을 시행하였다.

예를 들어, 그림 4-45은 자연 이탈률을 한수원 1%~3%, 공급산업체 4%~7%, 공공연구기관 2.5%~4%의 범위로 설정하고 민감도 분석을 수행한 결과인데, 낙관 시나리오의 한수원 신규 인력 수요와 원자력학과 출신 신규 인력 수요 추정치는 자연 이탈률의 변화에 따라 큰 변동성을 보이는 것으로 나타났다. 더불어, 이러한 결과는 자연 이탈률이 인력 수요 예측 결과에 중요한 영향을 미치는 핵심 변수임을 시사한다.

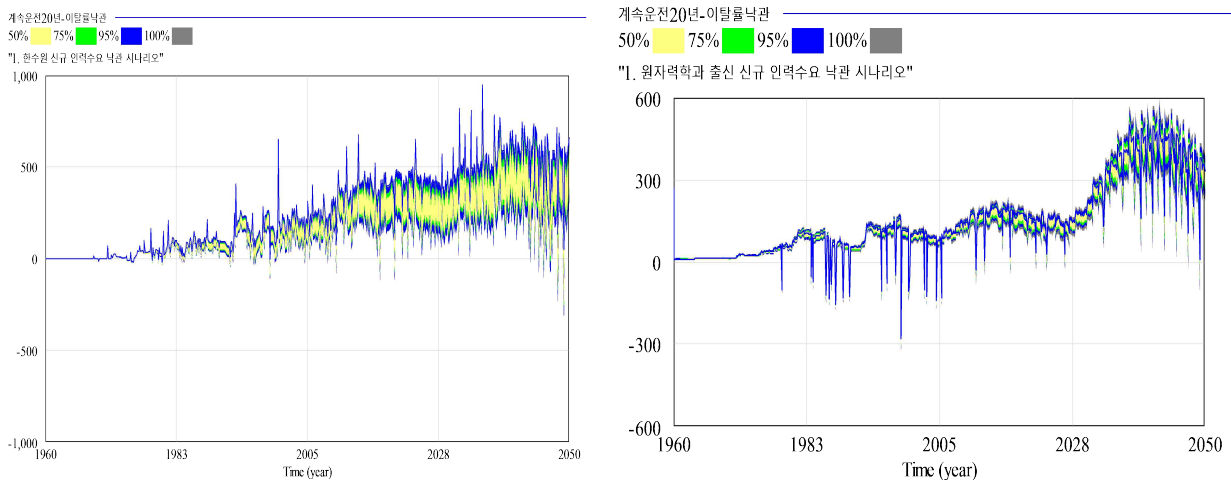


그림 4-45. 자연이탈률의 변동에 따른 민감도 분석  
(좌: 한수원 신규 인력 수요, 우: 원자력학과 출신 신규 인력수요)

문제는 이러한 불확실성을 모두 반영하여 시나리오를 세분화할 경우 시나리오의 수가 과도하게 증가하게 되며, 시간적·물리적 제약이 존재하는 본 연구의 범위 내에서 이를 모두 분석하는 것은 한계가 있다는 점이다. 이에 따라 본 연구에서는 주요 변수와 상수의 변동 가능성을 인지한 상태에서, 현실성과 대표성을 갖는 값들을 중심으로 입력 수치를 설정함으로써 시나리오 간 비교가 가능한 수준의 예측 결과를 도출하고자 하였다. 이러한 접근은 절대적인 예측치를 제시한다기 보다는, 정책 및 분석적 논의를 위한 참

12) 본 연구에서의 민감도 분석은 정규분포(Random Normal Distribution)에 따른 난수를 발생하여 시뮬레이션을 2000번 시행한 결과를 보여주고 있다. 그림 4-46에서 50% 범위는 중간 50%가 포함되는 구간(25%~75% 구간), 75% 범위는 중간 75%가 포함되는 구간(12.5%~87.5%)을 의미한다. 95%(2.5%~97.5%)는 극단적인 시뮬레이션 결과를 포함하고 있는바, 이러한 분석을 통해 해당 변수의 중요성과 모델의 강건성을 살펴볼 수 있다.

고 지표로서의 활용에 초점을 둔 것이라고 할 수 있다.

더불어, 본 연구에서 구축한 시뮬레이션 모형은 현 시점 또는 근시일 내 발생하는 인력 수요 변동에 영향을 미치는 신규 프로젝트와 연구 과업을 충분히 반영하지 못한다는 한계를 지닌다. 원자력 분야 신규 인력 수요는 대형 국책 과제와 민관 합작 프로젝트의 유무 및 추진 단계에 따라 매우 유동적으로 변화한다. 그러므로 대형 원전과 기존 I-SMR 분야뿐만 아니라 차세대 원전 사업 등 신규 영역까지 포함하여 모형을 확장할 필요가 있다. 즉, 모형의 적합성(타당성)을 제고하기 위해서는 구체적인 과업 정보를 유연하게 반영할 수 있는 구조적 탄력성을 갖추어야 할 필요가 있으며, 향후 연구에서는 이러한 신규 과업을 모형에 체계적으로 확장, 반영함으로써 보다 높은 적실성을 확보하는 방향으로 연구를 심화할 필요가 있다.

## V. 대학 원자력 전공 인력 배출 전망

### 1. 학령인구 감소 및 인력 배출 여건

원자력 전공 인력 배출 전망을 논의하기 위해서는 대학 입학 가능 인구의 장기적인 추이를 먼저 검토해야 한다. 대학 입학 가능 인구는 대한민국 출생아 수를 통해 미리 짐작할 수 있는데, 최근 수십 년 사이 나타난 출생아 수 감소 추세는 향후 대학에서의 인력 배출 여건을 근본적으로 제약하는 요인으로 작용한다.

그림 5-1은 1985년~2024년 대한민국 출생아 수의 추이를 나타낸 것이다. 1980년대 후반 65만 명 미만을 유지하던 출생아는 1990년대 초에 70만 명 이상으로 증가한 뒤 1995년 71.5만 명에서 2005년 43.9만 명까지 약 48.6% 감소하였다. 2026학년도 대학수학능력시험을 치르고 대학에 입학할 신입생은 대부분 2007년생으로, 1990년대와 2000년대에 걸친 1차 감소기가 끝나고 찾아온 일시적 유지기의 가운데에 있다고 볼 수 있다. 이러한 유지 국면은 2010년대 초반까지 계속되어, 재수생 비율에 따라 소폭 증감은 있겠으나 약 2030년까지 대학 입학 가능 인원에 큰 감소는 없을 것으로 보인다.

그러나 2010년대 초반을 기하여 출생아 수가 빠른 속도로 감소하기 시작한다. 2007년 49.7만 명이던 출생아 수는 2017년에는 40만 명 미만으로, 2020년에는 30만 명 미만으로 하락하였다. 2043년에 입학하게 될 2024년생 출생아의 수는 23.8명으로, 2026년에 입학하는 2007년생 출생아 수의 절반에도 미치지 못하는 수치이다. 이는 향후 대학 신입생 규모가 현재 대비 절반, 2010년대 초반 대비 3분의 1 수준으로 축소될 가능성을 시사한다.

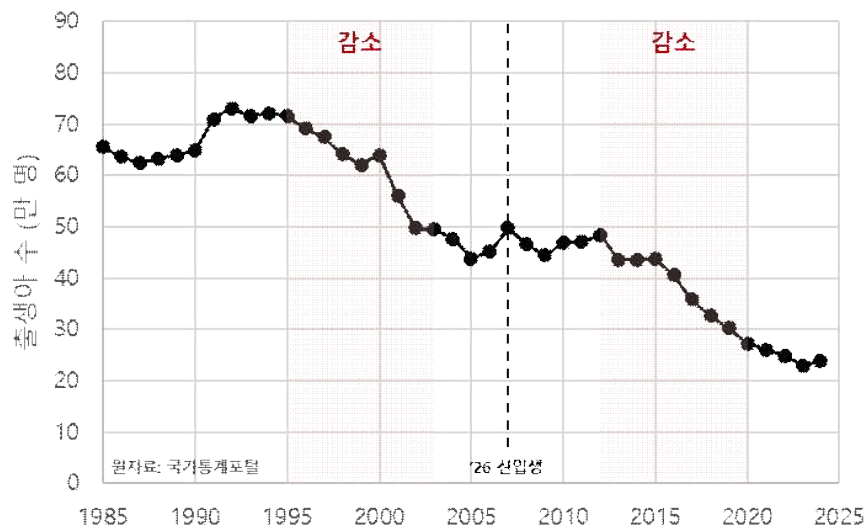


그림 5-1. 1985~2024 대한민국 출생아 수 추이

이러한 학령인구 감소가 대학 단계에서 어떤 형태의 수급 문제로 전이되는지를 분석하기 위해, 서울대학교에서 수행한 「인구변화의 주요 부문별 전망과 대응 방향 연구」 [17]

에서는 대학 입학정원이 2022년 31만 명 수준으로 유지된다는 전제하에 입학 가능 인원과 대학 수급 구조를 전망하였다. 해당 연구는 2040년에 대학 진학자 수가 약 14만 명, 2045년에는 약 17~18만 명 부족해질 것으로 전망하였다. 더 나아가 충원을 상위권 대학부터 순차적으로 학생을 충원한다는 가정을 적용할 경우, 2035년에는 30개 이상, 2040년에는 90개 이상, 2045년에는 110개 이상의 대학이 신입생을 거의 충원하지 못하는 상황이 발생할 수 있음을 제시하였다. 2022년 전국의 대학 수가 약 200개임을 고려하면 20여 년 사이 절반이 넘는 대학이 문을 닫게 된다는 전망이다.

한편, 한국개발연구원의 「지역대학의 구조적 전환과 발전 방안」 [18]에서는 인구 감소의 충격이 동일하더라도 학생 수급의 결과가 모든 대학에 획일적으로 나타나지는 않는다는 점에 주목하였다. 앞서 소개한 연구에서 대학 충원 과정을 단순한 충원을 순위에 따라 모형화한 것과 다르게, 이 분석에서는 대학의 유형에 따라 충원 구조를 달리한 시나리오 분석을 제시한다. 이때 수도권 대학에 대한 선호도가 비수도권 대학보다, 비수도권 내에서는 국공립대학에 대한 선호도가 사립대학보다 높게 유지된다고 보았다. 이에 따라 2030년 이후 수도권 대학과 비수도권 국공립대학의 신입생 충원율은 60%~80% 수준으로 가정하고, 남은 인원이 비수도권 사립대학으로 진학할 때의 충원율을 구하였다. 그 결과 2040년 비수도권 사립대학의 평균 신입생 충원율은 12.5%에서 최대 35.6% 수준에 그치는 것으로 분석된다. 표 5-1은 2040년 국내 대학 신입생의 충원율 가정치를 보여준다.

표 5-1. 2040년 국내 대학 신입생 충원율 가정치 (단위: %)

대학구분	2040년 신입생 충원율				
수도권/국공립대 (가정)	60.0	65.0	70.0	75.0	80.0
비수도권 사립대 (결과)	35.6	29.9	24.1	18.3	12.5

원자력 관련 학과를 보유한 대학의 경우, 최근 수년간 일부 비수도권 사립대학을 중심으로 이미 구조조정이 진행된 바 있다. 영남대학교는 2018년 기계공학부 내 원자력 전공을 폐지하였고, 단국대학교는 2020년 원자력융합공학과를 에너지공학과로 확대 개편하였다. 가장 최근에는 위덕대학교가 2023년 에너지전기공학부의 신입생 모집을 중단하였다. 그 결과 현재 원자력 관련 학과를 보유한 대학은 수도권 대학이나 국립대학 또는 과학기술원 등의 특수대학이 대부분이다. 이 점에서 원자력 전공은 비수도권 사립대학을 중심으로 한 학생 부족 문제의 영향이 상대적으로 덜할 가능성도 존재한다. 그러나 특히 학사과정 졸업자 측면에서 비수도권 사립대학이 차지하는 비중이 53%로 작지 않아, 학령인구의 감소로 인한 타격으로부터 원자력 분야가 예외가 될 수는 없다.

그림 5-2는 1999년 이후 원자력 관련 학과의 학사·석사·박사 과정 졸업생 수와 그 합계의 추이를 나타낸다. 이를 보면, 2010년 전후까지는 학·석·박 과정을 합한 전체 졸업생 수가 300명 미만 범위에서 등락을 보이며 비교적 안정적인 양상을 보인다. 이 시기에는 연도별 변동은 존재하였으나, 장기적인 증가 또는 감소 추세는 뚜렷하게 관찰

되지 않는다. 이후 2012년부터 2018년까지는 졸업생 수가 짧은 기간에 급격히 증가하는 구간이 나타나는데, 학·석·박 합계 졸업생 수는 2013년 300명대를 넘어선 이후 빠르게 증가하여 2017년에는 700명을 상회한다. 이와 같은 증가는 2010년을 전후하여 원자력 산업의 확대 기대가 형성되었던 시기와 맞물려 나타난 현상으로 해석할 수 있으며, 동시에 해당 시기에 학사과정을 졸업하였을 1990년 전후 출생아 수가 소폭 증가하던 시기와의 시간적으로 겹친다. 반면 2010년대 후반 이후에는 이전의 급격한 증가세가 둔화되며, 원자력 관련 학과 졸업생 수는 다시 일정 수준에서 유지되는 국면으로 전환된다. 최근에는 학·석·박 합계 졸업생 수가 대체로 600명 내외에서 안정적으로 유지되고 있으며, 과정별로는 박사과정 졸업생 수만이 장기적으로 완만한 증가 추세를 보이는 특징이 관찰된다.

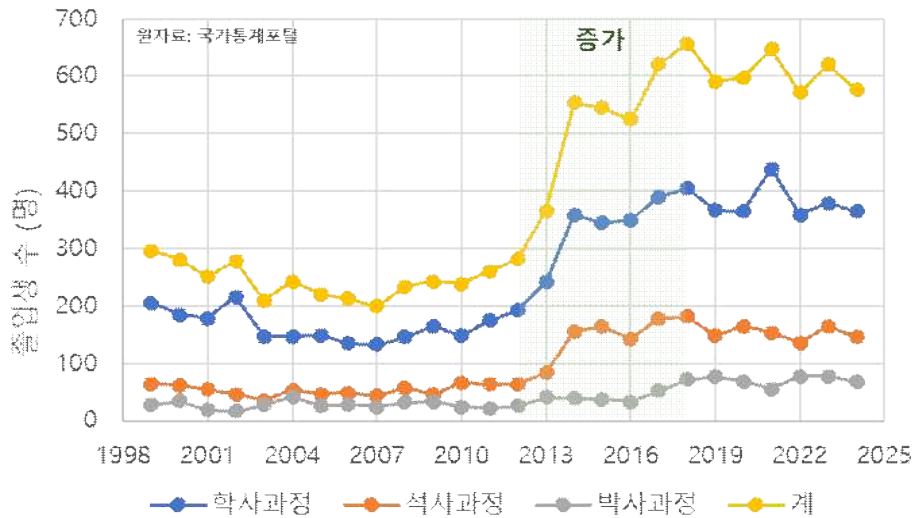


그림 5-2. 1999~2024 원자력 전공 인력 배출 추이

한편, 인구 구조 측면에서는 1995년부터 국내 출생아 수가 급격한 감소 국면에 진입하였으며, 이들이 대학에 진학해 졸업하기까지 필요한 기간을 약 25년으로 가정하면 이로 인한 영향은 2020년경부터 전공 인력 배출에 영향을 미칠 것으로 볼 수 있다. 그러나 최근 몇 년 동안 원자력 관련 학과 졸업생 수는 큰 폭의 변화 없이 연간 600명 정도를 유지하고 있어, 원자력 전공 인력 배출 규모가 인구 감소와 동일한 비율로 즉각 축소되지는 않았음을 보여준다.

종합하면, 과거 원자력 관련 학과 졸업생 수는 일정 기간 유지 국면을 거친 뒤 2010년대에 뚜렷한 증가를 경험하였으며, 이후 다시 비교적 안정적인 수준을 유지해 왔다. 이러한 경험을 고려할 때, 향후 원자력 산업 여건이 확대되는 경우 전공 인력 배출 규모가 다시 증가할 가능성을 배제할 수는 없다. 다만 향후의 인구 구조는 과거와 동일하지 않으며, 출생아 수 감소에 따른 학령인구 감소가 구조적인 제약으로 작동할 것이다. 이에 따라 향후 원자력 전공 인력 배출이 증가 국면에 진입하더라도, 그 성장의 규모와 속도는 2010년대에 관찰되었던 수준에 이르는 것은 어려울 것으로 예상된다.

## 2. 주요 가정 및 예측 방법

이번 절에서는 원자력 전공 인력의 향후 배출 규모를 전망하기 위해 본 연구에서 설정한 주요 가정과 그에 따른 예측 방법을 제시한다. 분석의 대상은 원자력 관련 학과의 학사·석사·박사과정 졸업생 수와 그 합계이며, 2025년부터 2050년까지를 전망의 시간적 범위로 설정하였다.

### 2.1. 분석의 기준값 및 공통 가정

본 연구에서는 원자력 관련 학과 졸업생 수의 현재 시점 기준값을 2022-2024년, 3개년의 평균으로 설정하였다. 해당 기준값은 각 과정의 졸업생 수가 변화 국면에 진입하기 전까지 유지되는 값으로 사용되며, 이후의 증감은 설정된 시나리오에 따라 반영하였다. 또한 시나리오 간 비교가 용이하도록, 모든 시나리오는 동일한 변화 기간과 구조를 공유하도록 구성하였다.

이와 같이 설정된 공급 시나리오는 이후 수급 격차 분석에서 수요 증가분과의 정량적 비교를 위한 기준 경로로 활용된다. 즉, 개별 공급 시나리오는 단독으로 해석되기보다는, 수요 시나리오별 수요 증가 규모에 대해 어느 정도의 대응력을 가지는지를 평가하기 위한 비교 대상의 의미가 있다.

### 2.2 학사과정 졸업생 수 예측 방법

출생아 수 추이를 고려할 때, 2012년 출생까지는 급격한 감소 구간에 해당하지 않으며, 이들이 대학에 진학하고 졸업하는 시점은 대체로 2035년 전후에 해당한다. 이에 따라 2035년까지는 학사과정 졸업생 수가 기준값 수준으로 유지된다고 가정하였다.

2035년부터 2045년까지 10년 동안은 학사과정 졸업생 수가 선형적으로 변화한다고 가정하였다. 이를 위하여 총 11개의 시나리오를 구성하였으며, 10년 동안의 총변화율은 -50%에서 50%까지 10% 단위로 설정하였다. 시나리오는 변화율에 따라 -5에서 5까지의 번호를 부여하였으며, 변화가 없는 경우를 시나리오 0으로 정의하였다. 예를 들어, 2035년 대비 50% 감소하는 경우는 ‘시나리오 -5’에, 20% 증가하는 경우는 ‘시나리오 2’에 해당한다. 이와 같은 시나리오별 차이는 표 5-2를 통해 정리하였다.

2023년에는 출생아의 수가 2022년 24.9만 명에 비해 크게 줄어든 23.0만 명을 기록하였으나, 2024년에는 다시 소폭 증가하여 23.8만 명을 기록하였다. 올해인 2025년에도 3분기까지의 출생아 수가 전년도에 비해 1.2만 명 증가한 상태로, 출생아의 급격한 감소에 한계가 찾아와 일시적 평형 상태에 이르렀다고 볼 수 있다. 이에 따라 2045년 이후에는 추가적인 증감 가정을 두지 않고, 2045년 시점의 마지막 값이 2050년까지 유지된다고 가정하였다.

표 5-2. 학사과정 졸업생 수 변화 시나리오 설정

변화 방향	시나리오	'35-'45 총변화율	설명
감소	시나리오 -5	-50%	10년간 학사 졸업생 수 절반 감소
	시나리오 -4	-40%	10년간 학사 졸업생 수 40% 감소
	시나리오 -3	-30%	10년간 학사 졸업생 수 30% 감소
	시나리오 -2	-20%	10년간 학사 졸업생 수 20% 감소
	시나리오 -1	-10%	10년간 학사 졸업생 수 10% 감소
유지	시나리오 0	0%	2035년 수준 유지
증가	시나리오 1	+10%	10년간 학사 졸업생 수 10% 증가
	시나리오 2	+20%	10년간 학사 졸업생 수 20% 증가
	시나리오 3	+30%	10년간 학사 졸업생 수 30% 증가
	시나리오 4	+40%	10년간 학사 졸업생 수 40% 증가
	시나리오 5	+50%	10년간 학사 졸업생 수 절반 증가

### 2.3. 석사과정 졸업생 수 예측 방법

석사과정 졸업생의 경우, 학사과정 졸업생 수 변화가 일정한 시차를 두고 반영된다고 보았다. 석사학위 과정에 걸리는 기간을 2년으로 가정하여 학사과정 졸업생 수 변화의 영향은 2037년부터 석사과정 졸업생 수에 반영되는 것으로 설정하였다. 이에 따라 석사과정 졸업생 수는 2037년까지 기준값 수준을 유지하는 것으로 가정하였다.

2037년 이후에는 석사과정 졸업생 수가 2037년부터 2047년까지 10년간 선형적으로 변화한다고 설정하였다. 변화의 방향과 규모는 학사과정에서 사용한 시나리오에 따라 결정되도록 하였다. 2047년부터는 추가적인 변화 없이, 2047년 시점의 값이 2050년까지 유지된다고 가정하였다.

### 2.4. 박사과정 졸업생 수 예측 방법

그림 5-3에 표시된 바와 같이, 지금까지 원자력 관련 학과 박사과정 졸업생 수 추이는 학사나 석사과정과 달리 지속적인 증가 경향을 보였다. 이에 따라 1999년부터 2024년까지의 박사과정 졸업생 수 자료를 바탕으로 선형회귀 분석을 수행하였으며, 해당 회귀식을 따라 박사과정 졸업생 수가 일정 기간 증가 추세를 유지하는 것으로 설정하였다.

$$(\text{박사과정 졸업생 수}) = 2.1463 \times (\text{해당년도}) - 4276 \text{ [명]}$$

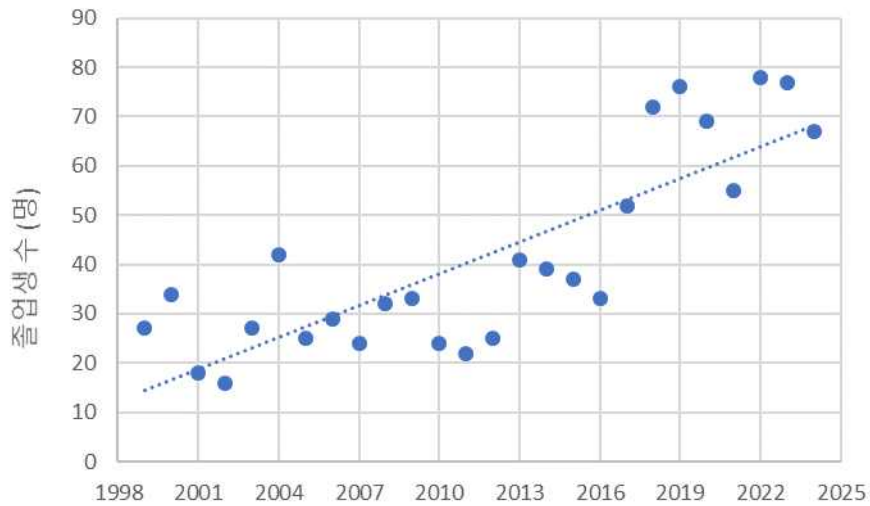


그림 5-3. 1999~2024 원자력 박사과정 인력 배출 추이

석사과정 졸업생 수의 변화가 박사과정에 영향을 미치는 시점을 고려하기 위해 박사과정 소요 기간을 4년으로 설정하였다. 이에 따라 석사과정 졸업생 수 변화의 영향은 2041년부터 박사과정 졸업생 수에 반영되는 것으로 보았다. 박사과정 졸업생 수는 2041년부터 2051년까지 선형적으로 변화하는 것으로 설정하였으며, 변화의 방향과 규모는 마찬가지로 시나리오에 따라 결정되도록 하였다.

### 3. 원자력 전공 인력 배출 전망

아래의 그림 5-4는 앞서 설명한 방법을 통해 예측한 원자력 전공 인력 배출 전망이 시나리오에 따라 분기되는 양상을 시각적으로 보여준다. 원자력 전공 인력 배출(학사·석사·박사과정 계)은 2035년까지 기준값 수준을 유지하다가, 이후 설정된 증감 시나리오에 따라 증가·유지·감소 경로로 나뉜다. 이와 같은 격차는 2040년 전후로 점차 확대되다가 2045년 이후 비교적 명확하게 고정된다.

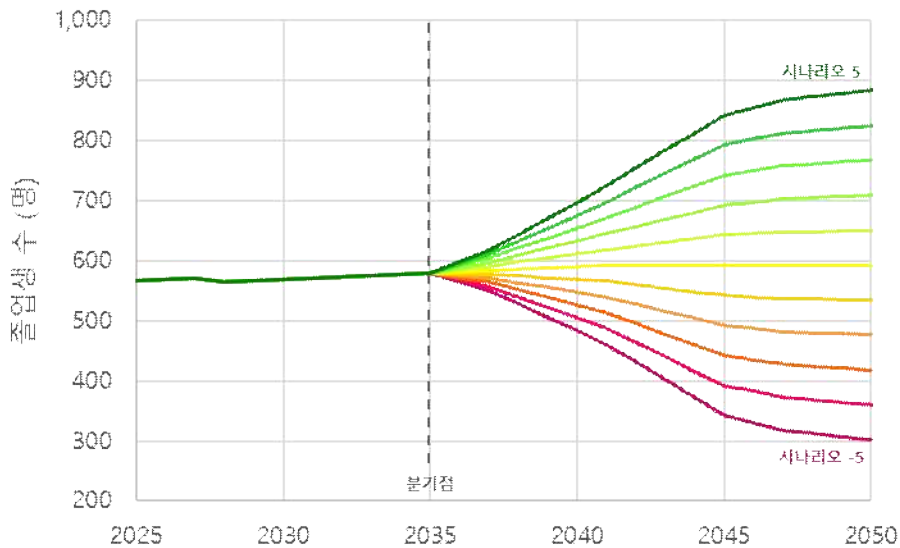


그림 5-4. 2025~2050 시나리오별 원자력 전공 인력 배출 전망

이러한 결과는 원자력 전공 인력 배출 규모가 단일한 경로로 변화하기보다, 향후 교육 여건과 전공 유지 수준에 따라 상당한 범위를 가질 가능성을 염두에 둔 것이다. 또한 동일한 출발점에서 시작하더라도 입학자원 축소에 따른 급격한 감소 또는 2010년대 초반과 같은 급격한 증가가 큰 차이로 이어질 수 있음을 전제한다. 이러한 차이는 이후 시나리오별 결과에서 더욱 명확하게 드러난다.

표 5-3은 학사·석사·박사과정 졸업생 수를 합산한 원자력 전공 인력 배출 규모를 시나리오별로 정리한 결과이다. 2025년부터 2035년까지는 모든 시나리오에서 동일한 값을 보이며, 이는 해당 시점까지 학사·석사·박사 졸업생 수가 기준 수준을 유지한다는 가정을 반영한 것이다. 이 기간에 졸업생 수는 2025년 총 567.3명에서 2035년 579.7명으로 완만하게 증가하는데, 이는 박사과정 졸업생의 증가 추세가 반영된 결과로 해석할 수 있다.

2035년 이후에는 설정된 시나리오에 따라서 졸업생 수의 변화 경로가 구분되기 시작한다. 확대가 가장 큰 ‘시나리오 5’에서는 2040년 697.7명까지 증가하는 반면, ‘시나리오 -5’에서는 483.3명까지 감소하여 시나리오 사이의 격차가 뚜렷하게 나타난다. 이러한 격차는 시간이 지날수록 확대되어, 2045년에는 ‘시나리오 5’가 842.7명, ‘시나리오

0' 이 592.6명, '시나리오 -5' 가 342.5명으로 나타난다.

특히 '시나리오 -5' 에서는 2050년 졸업생의 수가 301.5명으로, 2035년과 비교하면 약 48% 수준까지 감소하는 상황에 해당한다. 이는 추후 학령인구 규모가 절반 수준까지 축소될 전망이다 가운데, 인구 구조 변화가 원자력 전공 인력 배출 규모에 직접적으로 반영되는 경우를 가정한 시나리오로 볼 수 있다.

반면 '시나리오 0' 은 학사와 석사과정 졸업생 수가 장기적으로 현재 수준을 유지하는 상황에 해당한다. 다만 박사과정 졸업생 수가 과거 추세를 따라 점차 증가하면서 졸업생 수의 합계 또한 소폭 증가하는 양상을 보인다. 이에 따라 2045년 이후 졸업생 수는 592.6명 수준에서 유지되는 것으로 나타난다.

'시나리오 1' 부터 '시나리오 5' 까지의 증가 시나리오에서는 원자력 전공 인력 배출이 확대될 수 있는 여지를 반영하되, 그 규모는 과거의 최대 증가세보다는 제한적인 범위에서 설정하였다. 그 결과 '시나리오 5' 에서는 2050년 최종 시점의 원자력 전공 인력 배출이 883.7명으로, 이는 현재 시점보다 310여 명, '시나리오 0' 보다는 290여 명 높은 수준이다. 또한 가장 급격한 감소세를 가정한 '시나리오 -5' 보다는 2.9배 큰 규모이다.

표 5-3. 2025~2050 주요 연도별 원자력 전공 인력 배출 전망

단위: 명	2025년	2030년	2035년	2040년	2045년	2050년
시나리오 5	567.3	569.0	579.7	697.7	842.7	883.7
시나리오 4	567.3	569.0	579.7	676.2	792.7	825.5
시나리오 3	567.3	569.0	579.7	654.8	742.7	767.2
시나리오 2	567.3	569.0	579.7	633.3	692.6	709.0
시나리오 1	567.3	569.0	579.7	611.9	642.6	650.8
시나리오 0	567.3	569.0	579.7	590.5	592.6	592.6
시나리오 -1	567.3	569.0	579.7	569.0	542.6	534.4
시나리오 -2	567.3	569.0	579.7	547.6	492.6	476.2
시나리오 -3	567.3	569.0	579.7	526.1	442.5	418.0
시나리오 -4	567.3	569.0	579.7	504.7	392.5	359.7
시나리오 -5	567.3	569.0	579.7	483.3	342.5	301.5

## VI. 인력 수급 전망 종합 분석 및 정책 제언

### 1. 시나리오 기반 수급 전망 비교

원자력 전공 인력의 수급 격차를 진단하기 위해서는, 분석의 기준이 되는 수요와 공급의 정의를 선행하여 검토해야 한다. 통상적인 수급 분석은 공급과 수요의 절대적 차이(Gap)를 산출하여 수급 균형 여부를 판단하나, 본 연구의 분석 대상인 원자력 전공 인력의 경우 수요와 공급의 출발선이 상당히 다른 규모를 지닌다는 특수성이 존재한다.

그림 6-1은 제4장과 제5장에서 분석한 수요·공급 시나리오별 인력 수요와 공급 전망을 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이, 현재 원자력 인력 배출은 연간 약 600명 규모로 150~300명 수준의 인력 수요를 이미 상회하고 있다. 이러한 상황에서 단순히 수요 인력과 배출 인력의 수치 비교를 통해 수급 격차를 제시할 경우, 향후 수요가 증가하더라도 공급이 감소하는 시나리오가 오히려 수급 격차를 완화하는 착시를 일으킬 우려가 있다.

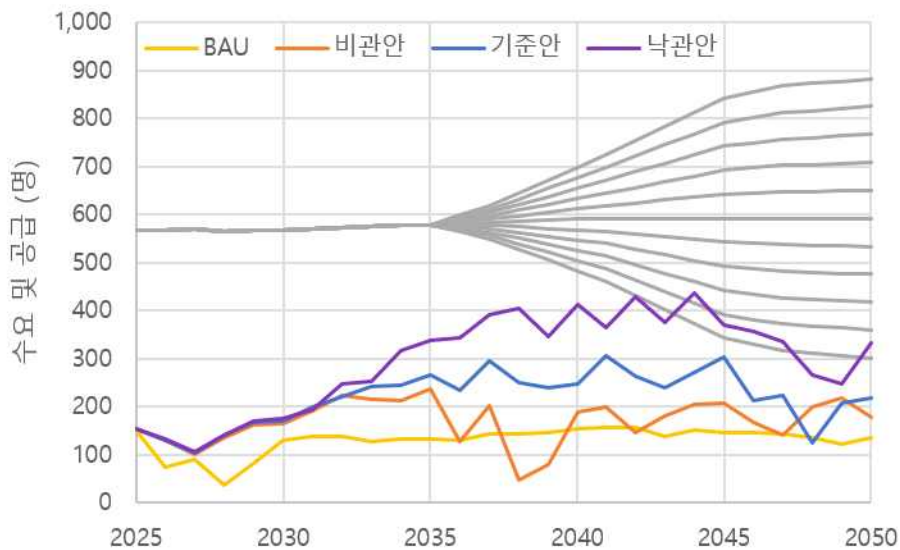


그림 6-1. 2025~2050 원자력 인력 수요 및 공급 전망

특히 주의할 점은 기존의 공급 전망이 ‘졸업생 배출 규모’를 기준으로 산정되었다는 것이다. 앞서 제2장 제3절에서 확인한 바와 같이 원자력 전공 졸업생의 산업계 유입률은 학사 기준 15%, 석·박사 기준 40~50% 수준에 불과하므로, 배출된 인력 전체를 실제 공급으로 간주하기에는 무리가 있다.

이에 본 연구에서는 제5장의 ‘졸업생 배출 전망치’에 학위별 ‘원자력 산업 유입률’을 적용하여 실제 산업계로 진입 가능한 ‘유효 공급’ 규모를 추산하였다. 이를 제4장의 시나리오별 수요 전망치와 비교함으로써 실질적인 수급 격차를 분석하였으며, 추가적으로 산업 유입률 개선 시나리오를 적용하여 수급 구조의 변화 양상을 살펴보았다.

## 1.1. 가정 사항

본 분석은 제4장의 인력 수요 시나리오와 제5장의 인력 배출 시나리오를 연계하여, 향후 발생 가능한 수급 격차를 정량화하는 것을 목적으로 한다. 이를 위하여 다음과 같은 세 가지 핵심 가정을 전제로 분석을 수행하였다.

### 가. 인력 유입률 산정

단순 배출 전망치를 공급량으로 직결하는 대신, 본 분석에서는 배출 인력 중 실제 원자력 산업계로 진입하는 인원만을 산출하여 ‘유효 공급’으로 정의하였다. 기본 유입률은 제2장의 실태조사 결과를 기반으로 하되, 최근 통계의 불확실성을 보정하여 학사 20%, 석·박사 50%의 비율을 적용하였다. 아울러 향후 정책적 노력에 따른 유입률 개선 가능성을 고려하여, 각 학위별 유입률을 10%p 상향(학사 30%, 석·박사 60%)한 시나리오에 대해서도 추가적인 분석을 수행하였다.

### 나. 수요 전망치 수정

제4장의 인력 수요 전망은 신규 원전 건설 사이클에 따라 등락이 존재하며, 특히 2040년대 중반 이후 수요가 감소하는 경향을 보인다. 그러나 특정 시점의 급격한 수요 하락을 그대로 반영할 경우 장기적 관점의 인력 양성 목표가 과소 산정될 위험이 존재한다. 따라서 본 분석에서는 낙관 시나리오상 수요의 정점인 2044년의 수요가 각 수요 시나리오에서 유지된다고 가정하여 변동성을 완화하였다. 그림 6-2는 2044년 수요가 유지되는 상황을 가정한 인력 수요 전망 그래프이다.

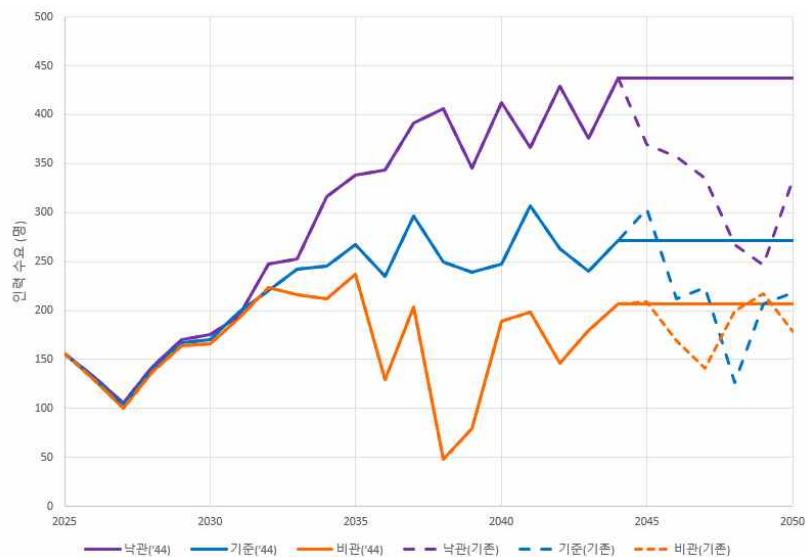


그림 6-2. 2044년 수요 유지시 인력 수요 전망

## 다. 인력 배출 대표 시나리오 선정을 통한 범위 선정

제5장의 11개 배출 시나리오 중, 불확실성의 범위를 가장 효과적으로 보여줄 수 있는 세 가지 대표 시나리오(시나리오 -5, 0, 5)를 선정하였다. 인력 배출 증가폭이 가장 큰 경우(시나리오 5)와 가장 작은 경우(시나리오 -5)를 분석함으로써, 미래 수급 격차가 발생할 수 있는 최대 및 최소 범위를 제시하고자 한다.

### 1.2. 기본 유입률 적용 시 수급 격차 분석

제5장의 인력 배출 전망치에 학사 20%, 석·박사 50%의 학위별 기본 유입률을 적용하여 산출한 원자력 산업 인력 공급 전망은 표 6-1과 같다.

표 6-1. 기본 유입률 반영 시 원자력 산업 인력 공급 전망

인력 배출 시나리오		2025	2030	2035	2040	2045	2050
시나리오 5	배출 전망	567.3	569.0	579.7	697.7	840.0	881.4
	공급 전망	235.7	239.4	245.8	291.1	351.0	375.9
시나리오 0	배출 전망	567.3	569.0	579.7	590.5	594.7	594.7
	공급 전망	235.7	239.4	245.8	252.3	254.8	254.8
시나리오 -5	배출 전망	567.3	569.0	579.7	483.3	349.5	308.0
	공급 전망	235.7	239.4	245.8	213.5	158.7	133.8

본 절에서는 기본 유입률 전제 하에, 인력 수요 시나리오별로 배출 시나리오의 변화가 수급 격차에 미치는 영향을 중점적으로 분석하였다. 그림 6-3과 표 6-2는 이에 따른 수급 격차 추이와 주요 지표를 나타낸다.



그림 6-3. 기본 유입률 하에서 수요-배출 시나리오에 따른 수급 격차

표 6-2. 기본 유입률 하에서 수요-배출 시나리오에 따른 수급 격차 지표(단위: 명)

수요 시나리오	배출 시나리오	수급 격차 (공급 전망치 - 수요 전망치)			
		최종값 <sup>13)</sup>	최소값	최대값	평균값
비관안	시나리오 -5	-103.4	-103.4	129.2	-15.3
	시나리오 0	-11.0	-49.6	143.1	14.2
	시나리오 5	81.3	-49.6	157.0	43.7
기준안	시나리오 -5	-168.1	-168.1	77.3	-71.8
	시나리오 0	-75.7	-112.5	77.3	-42.2
	시나리오 5	16.6	-99.8	77.3	-12.7
낙관안	시나리오 -5	-334.6	-334.6	75.4	-162.0
	시나리오 0	-242.2	-242.2	75.4	-132.5
	시나리오 5	-149.9	-200.8	75.4	-103.0

수요 비관 시나리오의 경우, 배출 시나리오 간의 수급 양상이 뚜렷하게 갈리는 것으로 나타났다. 배출 감소가 가장 큰 ‘시나리오 -5’에서는 2050년 기준 공급이 수요를 약 103명 하회하여 인력 부족이 발생할 것으로 예측된 반면, ‘시나리오 0’에서는 2040년대 이후 수요와 공급이 대체로 균형을 이루는 양상을 보였다. 한편, 배출 확대안인 ‘시나리오 5’에서는 2050년 공급이 수요를 약 81명 상회하게 될 것으로 계산되었다.

다음으로 수요 기준 시나리오의 경우, 수요가 본격적으로 증가하는 2031년을 기점으로 수급 불균형이 가시화될 전망이다. 모든 배출 시나리오에서 공급 부족 현상이 시작되나, 인력 배출이 가장 많은 ‘시나리오 5’의 경우 2040년대 중반부터 공급 우위를 회복하며 수급난이 해소될 것으로 보인다. 그러나 인력 배출이 적은 나머지 시나리오들에서는 공급이 증가하는 수요를 충족시키지 못해 만성적인 인력 부족이 나타날 것으로 분석되었다.

마지막으로 수요 낙관 시나리오에서는 산업 호황에 따른 수요 급증으로 인해 배출 규모와 관계없이 전반적인 인력난이 심화될 것으로 전망된다. 가장 많은 인력이 배출되는 ‘시나리오 5’조차 2050년 기준 150여 명의 공급 부족이 발생하며, 배출이 급감하는 ‘시나리오 -5’에서는 부족 인원이 최대 335명에 달해 수급 불균형이 가장 심각한 수준에 이를 것으로 예상된다.

### 1.3. 유입률 상향 시 수급 격차 비교

다음으로, 원자력 전공 졸업생의 산업 유입률 제고가 수급 불균형에 미치는 영향을 파악하기 위해, 학위별 유입률을 각각 10%p씩 상향한 시나리오(학사 30%, 석·박사 60%)를 적용하여 분석을 수행하였다. 이는 배출 규모가 동일한 조건에서 산업계로의 유효 공급이 확대되었을 때, 수급 격차가 얼마나 개선되는지를 정량적으로 평가하기 위함이다.

13) 2050년 수급 격차

그림 6-4는 유입률 상향 시의 수급 격차 추이를 나타낸 것으로, 기존 기본 유입률 적용 결과(점선)와 대비하여 개선 효과를 비교할 수 있도록 시각화하였다. 또한 표 6-3은 유입률 상향 시의 수급 격차 수치를, 표 6-4는 기본 유입률 적용 대비 수급 격차의 개선폭을 정리한 결과이다.



그림 6-4. 유입률 상향 시 수요-배출 시나리오에 따른 수급 격차

표 6-3. 유입률 10%p 상향 시 수요-배출 시나리오에 따른 수급 격차 지표(단위: 명)

수요 시나리오	배출 시나리오	수급 격차 (공급 전망치 - 수요 전망치)			
		최종값 <sup>14)</sup>	최소값	최대값	평균값
비관안	시나리오 -5	-72.6	-72.6	182.0	33.0
	시나리오 0	48.4	8.3	201.7	72.5
	시나리오 5	169.5	8.3	221.4	112.1
기준안	시나리오 -5	-137.3	-137.3	134.3	-23.5
	시나리오 0	-16.3	-53.2	134.3	16.1
	시나리오 5	104.8	-38.0	134.3	55.6
낙관안	시나리오 -5	-303.8	-303.8	132.4	-113.7
	시나리오 0	-182.8	-182.8	132.4	-74.2
	시나리오 5	-61.7	-134.6	132.4	-34.6

14) 2050년 수급 격차

표 6-4. 유입률 상향에 따른 2050년 수급 격차 및 수요 충족률 비교

수요 시나리오	배출 시나리오	2050년 수급 격차					
		격차(명)*			충족률(%)**		
		기존	상향	변화량	기존	상향	변화량
비관안	시나리오 -5	-103.4	-72.6	+30.8	49.9	64.8	+14.9%p
	시나리오 0	-11.0	48.4	+59.4	94.7	123.5	+28.8%p
	시나리오 5	81.3	169.5	+88.2	139.4	182.1	+42.7%p
기준안	시나리오 -5	-168.1	-137.3	+30.8	38.0	49.4	+11.4%p
	시나리오 0	-75.7	-16.3	+59.4	72.1	94.0	+21.9%p
	시나리오 5	16.6	104.8	+88.2	106.1	138.6	+32.5%p
낙관안	시나리오 -5	-334.6	-303.8	+30.8	23.5	30.6	+7.1%p
	시나리오 0	-242.2	-182.8	+59.4	44.6	58.2	+13.6%p
	시나리오 5	-149.9	-61.7	+88.2	65.7	85.9	+20.2%p

\*2050년 수요 전망치 - 공급 전망치

\*\*2050년 공급 전망치/수요 전망치 비율

분석 결과, 유입률 개선에도 불구하고 구조적인 공급 부족은 여전한 것으로 나타났다. 배출 감소가 가장 큰 ‘시나리오 -5’에서는 모든 수요 조건에서 2050년 공급이 수요를 밑도는 인력 부족 현상이 지속되었으며, 수요가 폭증하는 ‘낙관적 수요 시나리오’ 하에서도 모든 배출 시나리오에서 인력 부족이 해소되지 않았다. 그러나 기준 및 낙관 수요 시나리오에서 유입률 상향에 따른 공급 증가분이 반영됨에 따라, 공급 부족분의 절대적인 크기가 유의미하게 완화되는 양상이 확인되었다.

아울러 표 6-4의 마지막 열에서 확인할 수 있듯이, 유입률 상향은 배출 인력 중 공급되는 비율이 증가하는 것을 의미하므로, 수요 시나리오가 다르더라도 배출 시나리오가 같다면 수급 격차의 변화량은 동일하게 계산된다.

#### 1.4. 소결

본 절에서는 인력 수요와 배출 시나리오의 다양한 조합을 통해 향후 발생 가능한 수급 격차를 정량적으로 분석하였다. 분석 결과, 원자력 전공 졸업생의 산업 유입률이 현재 수준에 머무를 경우, 원전 산업이 유지되거나 확대되는 기준 및 낙관 수요 시나리오 하에서는 2050년 기준 인력 공급이 수요 대비 최대 335명까지 부족하여 수급 불균형이 심화될 것으로 전망되었다.

반면, 전공 졸업생의 산업 유입률을 학위별로 10%p 상향 조정할 경우, 배출 시나리오에 따라 약 31명에서 최대 88명의 인력이 추가로 공급되어 수급 격차를 일부 완화할 수 있음을 확인하였다.

이는 인력 수급 문제 해결을 위해 두 가지 차원의 접근이 필요함을 시사한다. 제5장의 배출 확대 시나리오가 전공자라는 ‘전체 파이의 크기’를 키우는 것이라면, 본 절의

유입률 제고는 산업계로 공급되는 ‘파이의 몫’을 늘리는 것에 해당한다. 따라서 미래 원자력 산업의 인력 수요 확대에 대비하기 위해서는, 충분한 수의 원자력 전공 인재를 확보할 수 있는 인력 기반 확충과 더불어 처우 개선 등을 통한 원자력 산업계로의 실질 유입률 제고가 동시에 고려되는 균형 잡힌 인력 양성 정책이 수립되어야 할 것이다.

## 2. AI 기술 도입에 따른 인력 구조 변화 가능성 진단

### 2.1. 분석 배경

제6장1절의 시나리오별 인력 수급 전망은 수요 측과 공급 측의 시나리오 선정에 따라 상이한 결과를 나타냈다. 공급이 원활하게 이루어지는 시나리오에서는 수급 격차가 완화되기도 하였으나, 인력 공급이 제한적인 시나리오 하에서는 여전히 인력 수요가 공급을 상회하여 인력 부족이 심화될 가능성이 존재함이 확인되었다.

그러나 이러한 기존 전망은 신규 원전 건설, 수출, SMR 도입 등 “원자력 산업 자체의 규모 변화”라는 내생적 요인에 주안점을 둔 것으로, 기술 환경의 변화라는 “산업 외적인 요인”을 반영하는데는 한계가 있다. 따라서 미래 인력 구조를 보다 입체적으로 바라보기 위해서는, 기술 전환의 핵심인 ‘AI 기술 도입’의 파급력을 추가적으로 고려할 필요가 있다. 최근 급속도로 발전한 AI 기술은 산업 전반의 노동 생산성을 획기적으로 향상시키는 기제로 작용함과 동시에, 기존 노동 인력의 수요를 감소시키는 구조적 변화를 야기할 가능성을 내포하고 있기 때문이다.

실제로 원자력 산업계에서도 발전소 설계·건설 단계의 방대한 인허가 문서 처리나, 운영 과정의 복잡한 계측 데이터 분석 등에 AI가 도입됨에 따라 생산성 향상이 인력 수요에 영향을 미칠 개연성이 존재한다. 다만 AI 기술의 고용 영향은 아직 초기 단계이므로 명확한 실측 데이터가 부족하다는 한계가 있다. 이에 본 절에서는 과거 기술인 소프트웨어의 파급력을 가정한 시나리오를 통해 AI 기술 도입이 미치게 될 잠재적 고용 파급 효과를 정량적으로 추산해보고자 한다. 이는 정확한 전망치 제시보다는 기술 진보가 가져올 수 있는 고용 충격의 가능성과 그 경향성을 진단하는데 의의가 있으며, 향후 인력 수급 계획 수립 시 참고할 수 있는 ‘보조 지표’로서 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다.

### 2.2. 원전 산업 생산성 향상 AI 기술

인공지능(Artificial Intelligence, AI)이란 학습, 추론, 지각 등 인간의 지적 능력을 컴퓨터 프로그램으로 구현한 것으로, 머신러닝, 딥러닝, 자연어 처리(Natural Language Processing, NLP) 등을 포괄하는 기술이다. 최근 원자력 산업에서는 이러한 AI 기술을 도입하여 안전성을 유지하면서도 운영 효율과 생산성을 획기적으로 높이려는 시도가 이어지고 있다.

미국 원자력규제위원회(Nuclear Regulatory Commission, NRC)는 AI가 원전 산업에 적용

될 때, 해당 기술이 인간을 단순히 보조하는지 혹은 전적으로 대체하는지에 따라 규제와 활용도가 달라져야 한다고 보았다. 이에 따라 NRC는 상업용 원자력 활동에서 AI의 자율성 수준을 표 6-5와 같이 5단계 모델로 정립하여 제시하고 있다[19].

표 6-5. 상업적 원자력 활동에서 AI 적용 수준

AI 자율성 수준 (Autonomy Level)	상업적 원자력 활동에서 AI의 잠재적 활용
0단계 - AI 미사용	원전 시스템에 AI 기술이 사용되지 않는 수준
1단계 - 통찰(Insight)	최적화, 운영 지침, 사업 절차 자동화에 사용, 발전소의 안전이나 보안 통제에는 직접적인 영향을 미치지 않는 수준
2단계 - 협업 (Collaboration)	발전소의 안전/보안 및 제어에 영향을 줄 수 있는 권고 사항을 알고리즘이 제공하지만, 최종적인 결정과 실행은 인간이 검토 후 수행
3단계 - 운영(Operation)	인간의 감독 하에 알고리즘이 직접 의사결정을 내리고 운영을 수행하며, 안전/보안에 영향을 줄 수 있는 수준
4단계 - 완전자율 (Fully Autonomous)	인간의 개입이나 감독 없이 알고리즘이 운영과 제어, 지능형 적응을 전담하는 수준

출처: U.S. NRC(2023)

이러한 자율성 수준 개념을 바탕으로, 현재 전 세계적으로 진행 중인 AI 기술 개발은 원전의 전 생애주기에 걸쳐 구체화되고 있다. 원자력 산업의 생산성 향상을 위한 핵심 AI 기술은 크게 다음의 세 가지 분야로 구분되어 적용된다[20, 21].

#### 1) 설계 및 건설

원전의 설계 및 건설 단계에서는 머신러닝과 물리 정보 기반 신경망(Physics-informed neural networks, PINN)이 핵심 기술로 활용된다. AI는 복잡한 물리 현상 시뮬레이션을 가속화하고 노심 설계를 최적화할 수 있으며, 신소재 발견 및 개발 기간을 획기적으로 단축하는데 기여한다. 이를 통해 설계 단계에서의 시행착오를 줄이고 계산 비용을 절감함으로써 초기 건설 및 개발 과정의 생산성을 크게 향상시킬 수 있다.

#### 2) 운영 및 유지보수(Operation and Maintenance) 단계

원전의 O&M 단계에서는 디지털 트윈(Digital Twin)과 예지 정비(Predictive Maintenance) 기술이 원전의 가동률을 극대화하는 핵심 역할을 수행한다. 앞서 언급한 NRC의 자율성 수준을 고려할 때, 현재의 기술은 단순한 운영 지침 제공을 넘어 실시간

이상 탐지 및 자율제어(3~4단계)를 지향하며 발전중에 있다. 또한, 컴퓨터 비전과 결합된 로봇틱스 기술은 고방사선 구역에서의 점검을 자동화하여 작업자의 안전을 확보함과 동시에 유지보수 작업의 효율성을 높이는데 활용될 수 있다.

### 3) 규제 및 안전조치 분야

원전 인허가와 핵물질 감시 등을 포괄하는 규제 및 안전조치 분야에서는 자연어 처리(NLP)와 영상 분석 기술이 행정 및 감시 업무의 효율성을 높이는데 기여할 것으로 전망된다. NRC는 방대한 규제 문서 검토와 의사결정 지원에 AI를 도입하여 규제 승인 절차의 효율성을 확보하려는 전략을 수립하고 있다. 또한 안전조치 분야의 경우 위성 이미 지나 감시 카메라 데이터를 AI로 자동 분석함으로써 핵물질의 이동이나 이상 징후를 식별하는 기술이 제시되고 있다. 이는 소수 인력으로 빈틈없는 감시를 가능하게 하여 보안 관리의 생산성을 높여줄 것으로 기대된다.

## 2.3. AI 기술 도입에 따른 인력 구조 변화 분석

### 가. 선행 연구 분석

AI 기술이 노동 시장에 미치는 영향을 분석한 연구는 2020년대 들어 학계를 비롯하여 국제통화기금(IMF)과 같은 국제기구, 그리고 한국은행, 한국개발연구원(KDI) 등 국내외 주요 국책연구기관을 중심으로 활발히 진행되고 있다.

인력 구조 변화 분석은 주로 ‘직업(Occupation)’을 단위로 수행된다. 직업별로 수행하는 업무와 요구되는 능력 수준이 상이하므로, 이에 따른 AI 기술의 영향력 또한 다르게 나타나기 때문이다. 보편적인 분석 방법은 각 직업의 직무 요건을 AI의 수행 능력과 비교하여 ‘AI 노출도(Exposure)’를 정량화하는 것이다. 직업을 세부 업무(Task) 단위로 분해한 후, 각 업무의 기술적 요구 수준과 AI의 역량을 대조하고 이를 가중평균하여 AI 노출도를 산출할 수 있다[22, 23].

이러한 노출 지수가 실제 고용 변화에 미치는 영향을 실증적으로 분석한 사례로는 Webb의 연구[24]가 있으며, 국내에서는 한지우·오삼일의 한국은행 보고서[25]가 해당 방법론을 준용하였다. 그러나 생성형 AI를 비롯한 최신 AI 기술이 본격적으로 도입된 기간이 짧아, AI가 고용에 미친 영향을 직접적인 시계열 데이터로 분석하기에는 한계가 존재한다. 이에 Webb[24]은 과거 ‘소프트웨어’ 기술이 고용에 미친 영향을 분석하여 일종의 대리 변수(Proxy)로 활용함으로써, AI 노출 지수에 따른 잠재적 고용 변화를 추산하는 방식을 채택하였다.

### 나. 분석 방법론

본 절은 AI 기술 도입이 원자력 산업 인력 수요에 미칠 파급 효과를 정량적으로 분석하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 원전 산업 직군별 ‘AI 노출 지수’와 ‘소프트웨

어 노출 지수’를 각각 산정한 후, 과거 소프트웨어 기술 도입이 국내 고용에 미친 영향을 분석하여 이를 AI 기술의 잠재적 영향력을 추정하는 대리 변수로 활용하는 Webb의 방법론을 준용하였다<sup>15)</sup>.

### - 기술 노출 지수 정량화

Webb은 미국 내 개별 직업의 AI, 소프트웨어, 로봇 기술에 노출되는 정도를 지수화하여 웹 사이트를 통해 제공하고 있다. 기술 노출 지수란 특정 기술을 통해 자동화할 수 있는 업무가 해당 직업의 전체 업무 구성에서 차지하는 비중과 중요도를 의미한다.

지수 산출 과정은 다음과 같다. 우선 미국 직업정보시스템(O\*NET)의 표준직업분류(SOC)에 명시된 직업별 업무(Task) 설명과 구글 특허(Google Patents) 데이터의 기술(AI 등) 관련 특허 제목에서 ‘동사-명사 쌍(Verb-noun pair)’을 추출한다. 이후 O\*NET의 업무 설명과 특허 제목 간의 동사-명사 쌍 일치 빈도를 분석하여 각 업무의 기술 연관성을 측정한다. 예를 들어, 농업 기술자의 “정확한 농업 정보 기록을 문서화하고 관리한다”는 업무에서 “기록을 관리한다”는 쌍을 추출하고, 이와 유사한 기능을 수행하는 AI 특허의 빈도를 분석하여 점수를 부여하는 방식이다. 최종적으로 업무 단위의 노출 점수에서 O\*NET이 제시한 업무별 중요도(Importance)와 빈도(Frequency), 관련성(Relevance) 가중치를 적용하여 직업 단위의 기술 노출 지수를 산출한다. 그림 6-5는 기술 노출 지수를 정량화하는 과정을 도식화한 것이다.

본 연구에서는 AI 기술이 국내 원자력 산업에 미치는 영향을 분석하는 것이 목적이므로, Webb이 산출한 미국 SOC 기준의 직업 단위 기술 노출 지수를 한국표준직업분류(KSCO) 소분류(3자리) 체계로 매핑(Mapping)하여 분석에 활용하였다.<sup>16)</sup>

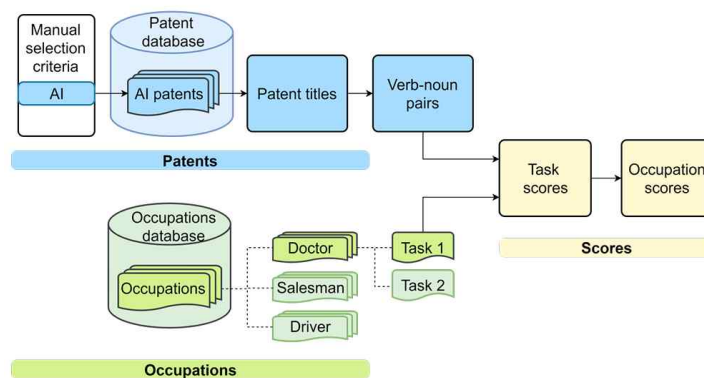


그림 6-5. 기술 노출 지수 정량화 과정

출처: Webb, M. (2019)

15) 본 방법론은 AI의 파급 효과가 과거 소프트웨어 기술과 유사할 것이라는 전제를 바탕으로 하고 있으나, AI가 로보틱스 등 하드웨어 기술과 결합하여 물리적 영역까지 변화를 일으킬 수 있다는 점을 충분히 반영하지 못하는 한계가 있다.

16) 한국노동패널데이터는 표본의 직업을 한국표준직업분류(KSCO) 상의 소분류에 따라 제시하고 있다. 따라서 미국 표준직업분류(SOC)에 따라 정리된 Webb의 직업별 기술 노출 지수를 국제표준직업분류(ISCO)로 변환하고, 이를 다시 한국표준직업분류(KSCO)로 변환하는 작업을 진행하였다. 변환 과정에서 1:N으로 직업 분류의 매칭이 이루어진 경우 기술 노출 지수 수치를 가중평균하는 방식을 채택하였다. 해당 방법은 한지우·오삼일[23]을 참고하였음을 밝힌다.

### - 소프트웨어 노출 지수를 활용한 고용 변화 회귀 분석

AI 기술은 본격적인 도입 기간이 짧아 시계열적 고용 변화를 직접 분석하기에는 한계가 있다. 이에 본 분석에서는 지난 20년간(2003~2023) 기술적 성격이 유사한 소프트웨어 기술이 고용에 미친 영향을 분석하고, 이를 AI 영향 추정의 대리 변수로 설정하였다.

분석을 위해 한국노동패널의 직업별 취업자 수 통계와 앞서 산출한 기술 노출 지수 데이터를 결합하여 다음과 같은 회귀 모형을 구성하였다.

$$\Delta y_{o,i,t} = \alpha_i + \beta Exp_o + \epsilon_{o,i,t}$$

식에서  $o, i, t$ 는 각각 직업, 산업, 연도를 의미한다. 종속변수(좌변)는 한국노동패널 6차(2003년)와 26차(2023년) 데이터를 이용하여 산출한 ‘직업-산업-연도 셀(Cell)의 취업자 수 비중 변화(DHS Growth Rate)<sup>17)</sup>’에 100을 곱한 값을 사용하였다. 설명변수인  $Exp_o$ 는 직업별 소프트웨어 노출 지수를 백분위수(Percentile)로 환산한 값을 적용하여, 기술 노출도의 상대적 차이에 따른 고용 변화 탄력성을 추정하였다<sup>18)19)</sup>.

### - AI 기술 도입에 따른 인력 구조 변화 분석

마지막으로, 앞선 회귀 분석을 통해 도출된 ‘소프트웨어 노출 지수에 따른 고용 변화 계수( $\beta$ )’를 ‘AI 노출 지수 백분위수’에 적용하여, AI 기술 도입이 향후 원전 산업 고용에 미칠 잠재적 영향을 추산하였다.

본 분석은 전체 산업을 대상으로 도출된 계수를 원자력 관련 산업에 특화하여 적용하였다. 이를 위해 한국표준산업분류(KSIC) 중분류 상 원자력 발전이 포함되는 ‘전기, 가스, 증기 및 공기 조절 공급업(35)’과 원자력 연구개발이 포함된 ‘연구개발업(70)’을 분석 대상 산업으로 특정하였다. 또한, 분석 결과의 해석에 있어 절대적인 고용 수치 변화보다는 산업 내 기술 노출도가 가장 낮은 직업의 고용 변화를 0(기준점)으로 가정했을 때, 기술 도입에 따라 각 직업군이 겪게 될 ‘산업 내 상대적 고용 변화 효과’를 중심으로 인력 수요의 변화를 제시하였다<sup>20)</sup>.

17) DHS 변화율은 두 시점 간의 고용 변화량을 두 시점 고용량의 평균으로 나누어 산출한다. 이는 신규 진입(Entry)이나 퇴출(Exit)로 인해 관측값이 0이 되는 경우 로그 차분 값을 정의할 수 없는 한계를 극복하기 위한 근사치로 활용된다.

18) 분석 단위인 ‘직업-산업-연도 셀’은 한국표준직업분류(KSCO)와 한국표준산업분류(KSIC)의 중분류(2자리)를 기준으로 구성하였다. 이에 맞추어 직업별 소프트웨어 노출 지수 또한 소분류 단위에서 종사자 수 가중평균을 통해 중분류 단위로 환산하였다. 이는 세분화된 소분류를 적용할 변수의 수가 과도하게 많아짐에 따라 발생 가능한 다중공선성 문제를 완화하기 위함이다.

19) Webb의 회귀 모형에서는 임금, 학력 수준 등을 통제 변수로 포함하였으나, 본고에서는 데이터의 가용성 및 모형의 직관성을 고려하여 기술 노출 지수 백분위수만을 핵심 설명 변수로 적용한 단순화된 모형을 사용하였다. 기술 노출 지수 백분위수는 전체 직업 분포 내에서의 상대적 위치를 나타내며, 예컨대 백분위수가 90인 경우 해당 직업보다 기술 노출도가 낮은 직업이 전체의 90%임을(즉, 상위 10%에 해당함을) 의미한다.

20) 회귀 분석 결과, 핵심 변수인 소프트웨어 노출 지수는 높은 통계적 유의성을 보인 반면, 산업별 고유한 성장 추세를 나타내는 산업고정효과 항들은 통계적 유의성을 확보하기 어려웠다. 이에 본 연구에서는 모형을 단순화하되, 절대적인 고용 변화량을 추정하는 대신 산업 내 기술 노출도가 가장 낮은 직업을 기준선으로 설정하고 각 직업이 기술 요인에 의해 얼마나 더(혹은 덜) 변화했는지를 보여주는 “상대적 효과”를 분석하였다. 이러한 접근은 산업 전체가 겪는 거시적 성장이나 감소 효과를 상쇄하고, 기술 도입의 파급효과만을 분리하여 해석하는데 유효하다.

## 다. 분석 결과

표 6-6은 소프트웨어 노출 지수 백분위수를 설명 변수로 하여 2003~2023년 국내 전체 산업의 고용 변화율을 분석한 회귀분석 결과이다. 표에서 ‘최소 표본 기준’은 한국노동패널 데이터의 신뢰도를 확보하기 위한 임계값으로 0에서 5까지 단계적으로 강화하며 분석을 진행하였는데, 2003년과 2023년 두 시점 모두 해당 기준 미만의 표본 수를 가진 ‘직업-산업’ 셀은 분석에서 제외하였음을 의미한다. 기준 숫자가 커질수록 분석 대상이 되는 샘플의 수는 줄어들지만, 소수 응답에 의해 결과가 왜곡될 가능성이 낮아진다.

분석 결과, 소프트웨어 노출 지수의 회귀 계수( $\beta$ )는 최소 표본 기준과 관계없이 모두 통계적으로 유의한 음(-)의 값을 보였다. 기준이 0일 때 계수는 -0.432로 산출되었는데, 이는 소프트웨어 노출 지수 백분위수가 10(10%p) 늘수록 해당 직업의 고용 변화율(DHS)이 약 4.3%p 더 감소했음을 시사한다.

특히 최소 표본 기준을 상향할수록 회귀 계수의 음의 절댓값과 모형의 설명력( $R_{adj}^2$ )은 모두 증가하는 경향을 보였다. 이는 노동패널 표본 내에서 다수를 차지하거나 인구 대비 종사자가 많은 보편적인 직업군일수록, 소프트웨어 기술 도입에 따른 고용 감소 효과가 상대적으로 더 뚜렷하게 나타났음을 방증한다<sup>21)</sup>.

다만, 최소 표본 기준을 2 이상으로 설정할 경우 표본 수가 적은 원전 산업 내 주요 직군들이 분석 대상에서 배제되는 한계가 확인되었다. 이에 본 분석에서는 원전 직군의 데이터를 최대한 보전하면서 예측을 수행하기 위해, 기준을 0으로 설정한 모형을 기본 예측 모형으로 채택하였다. 아울러, 기술의 파급력을 보수적으로 검토하기 위해 기준을 5로 상향하여 도출된 분석 결과를 일종의 ‘강한 영향 모형’로 설정하여, 향후 고용 변화 가능성의 범위를 가늠하는 보조 지표로 활용하였다.

표 6-6. 소프트웨어 노출 지수에 따른 회귀 분석 결과

최소 표본 기준	0	1	2	3	4	5
고용변화계수( $\beta$ )	-0.432	-0.387	-0.520	-0.585	-0.623	-0.720
P-value	0.007	0.024	0.011	0.018	0.022	0.012
$R_{adj}^2$	0.343	0.422	0.506	0.548	0.592	0.628
회귀분석 샘플 수	684	509	330	244	195	171

21) 한편 AI 기술의 경우 상대적 소수인 지식·기술 기반 숙련 노동자의 직무까지 대체할 가능성이 높으며, 따라서 대리 변수로 이용한 소프트웨어와는 다른 경향성을 나타낼 수 있다는 점을 유의할 필요가 있다.

표 6-7, 6-8는 앞선 회귀분석 모형 구축에 사용된 전체 직업-산업 셀 표본 가운데 원자력 발전 산업이 속하는 ‘전기, 가스, 증기 및 공기 조절 공급업(35)’ 과 원자력 R&D를 포괄하는 ‘연구개발업(70)’ 에 속한 표본의 직군을 별도로 추출하여 AI 도입 영향을 적용한 결과를 제시하고 있다. 표의 최상단에 제시된 ‘농림·어업 및 기타 서비스 단순 노무직’ 과 ‘청소 및 경비 관련 단순 노무직’ 은 분석에 활용된 해당 산업 내 표본 중 AI 노출 지수가 가장 낮은 직업군이다. 본 분석은 이들 직업군의 고용 영향이 없다고(0) 가정했을 때, 기술 도입에 따라 나머지 직업군이 겪게 될 상대적인 고용 변화를 나타낸다<sup>22)</sup>.

분석 결과, 원자력 발전 산업 분야는 기본 모델(최소 표본 기준 0) 적용 시 고용이 약 10%에서 최대 30% 수준까지 감소할 것으로 예측되었으며, 강한 영향 모델(최소 표본 기준 5)에서는 감소폭이 최대 46%에 달할 것으로 추산되었다. 원자력 연구·개발 분야 역시 직업군에 따라 11%~25% 수준의 고용 감소가 전망되었으며, 강한 영향 모델 적용 시 최대 38%까지 감소 폭이 확대되는 것으로 나타났다.

표 6-7. 원자력 발전 산업 분야 직업별 취업자 수 변화 예측

직업분류명 (중분류)	AI 노출 지수 백분위수	최소 표본 기준 0		최소 표본 기준 5	
		취업자 수 DHS×100 변화	변화율(%) 환산	취업자 수 DHS×100 변화	변화율(%) 환산
농림·어업 및 기타 서비스 단순 노무직(99)	<b>13.46</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
건설 및 채굴 관련 기능직(78)	<b>37.82</b>	-10.51	-9.99	-17.54	-16.13
경영 및 회계 관련 사무직(31)	<b>53.32</b>	-17.20	-15.84	-28.70	-25.10
전기 및 전자 관련 기능직(76)	<b>57.05</b>	-18.81	-17.19	-31.39	-27.13
공학 전문가 및 기술직(23)	<b>82.91</b>	-29.97	-26.06	-50.01	-40.00
운전 및 운송 관련직(87)	<b>83.33</b>	-30.15	-26.20	-50.31	-40.20
전기 및 전자 관련 기계 조작직(86)	<b>96.13</b>	-35.67	-30.27	-59.53	-45.88

22) 최근 피지컬 AI(Physical AI)와 휴머노이드 기술 발전이 본격화됨에 따라 단순 노무직의 고용 감소 전망도 등장하고 있다. 그러나 본 연구에서는 기준선 제시의 목적에서 AI 기술에 의한 해당 직군의 고용 감소 효과가 0이라고 가정을 하고 분석을 진행하였다.

표 6-8. 원자력 연구개발 분야 직업별 취업자 수 변화 예측

직업분류명 (중분류)	AI 노출 지수 백분위수	최소 표본 기준 0		최소 표본 기준 5	
		취업자 수 DHS×100 변화	변화율(%) 환산	취업자 수 DHS×100 변화	변화율(%) 환산
청소 및 경비 관련 단순 노무직(94)	<b>21.15</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
법률 및 행정 전문직(24)	<b>41.03</b>	-11.62	-10.98	-19.39	-17.67
경영 및 회계 관련 사무직(31)	<b>53.78</b>	-14.08	-13.15	-23.49	-21.02
과학 전문가 및 관련직(21)	<b>74.05</b>	-22.82	-20.49	-38.09	-32.00
공학 전문가 및 기술직(23)	<b>86.65</b>	-28.27	-24.77	-47.18	-38.17

이러한 결과에서 특히 주목할 점은 공학 전문가, 기술직, 기계조작직 등 고숙련 인지 능력이 요구되는 직종에서 더 많은 고용 감소가 예상된다는 사실이다. 과거의 소프트웨어 기반 자동화가 주로 정형적(Routine)이고 특수한 업무를 대체하는 데 그쳤다면, AI 기술은 프로그래밍하기 어려운 비정형적(Non-routine) 업무와 암묵지(Tacit knowledge)의 영역까지 자동화할 수 있다는 특성이 반영된 결과로 해석된다.

그러나 본 분석 결과를 해석함에 있어서는 원자력 산업 고유의 특수성을 고려할 필요가 있다. 본 예측치는 일반적인 전기 공급 산업과 연구개발업 전반의 경향성을 기반으로 도출되었으나, 실제 원자력 산업은 ‘안전 중시(Safety Critical)’ 라는 특성상 극도로 높은 기술적 신뢰도를 요구받는다. 따라서 현장의 엄격한 안전 규제와 보수적인 의사결정 구조가 AI 기술 도입의 속도를 조절하는 완충제(Buffer) 역할을 수행할 것으로 보이며, 이에 따라 실제 고용 감소 폭은 예측치보다 완만한 수준으로 나타날 가능성을 유의할 필요가 있다.

## 2.4. 소결

본 절에서는 직업별 기술 노출 지수와 과거 소프트웨어 기술 도입의 고용 파급 효과를 토대로 AI 기술 도입이 원자력 산업 인력 구조에 미칠 잠재적 영향을 분석하였다. 분석 결과, 원전 산업 내 단순 노무직의 고용이 현상 유지를 보인다고 가정할 경우, 오히려 공학 전문가 및 기술직과 같은 고숙련 전문 인력이 적게는 30%에서 많게는 46%에 달하는 고용 감소에 직면할 것으로 나타났다. 이는 AI가 단순 반복 업무뿐만 아니라 고도의

인지 능력이 요구되는 전문가 영역으로 범위를 확장함에 따라, 고숙련 직군이 상대적으로 더 큰 구조 조정 압력을 받을 수 있음을 시사한다.

그러나 이러한 정량적 예측 결과를 해석함에 있어서는 원자력 산업 고유의 특수성을 고려한 신중한 접근이 요구된다. 타 발전 산업이나 일반 R&D 분야와 달리, 원자력 산업은 안전이 최우선 가치로 작용하는 분야이다. 인허가 단계부터 설계, 건설, 운영에 이르는 전 주기에 걸쳐 극도로 높은 기술적 신뢰도가 요구되며, 보수적인 규제 환경과 의사결정 체계가 확립되어 있다.

따라서 본 연구에서 도출된 고용 변화 예측치는 기술적 가능성에 기반한 ‘잠재적 상한선’으로 해석하는 것이 타당하다. 기술적으로는 AI가 인간의 업무를 대체할 수 있는 수준이라 하더라도, 실제 산업 현장에서는 엄격한 안전 규제와 보수적 운영 문화가 AI 도입의 완충제 역할을 수행할 것이기 때문이다. 이에 따라 실제 원전 산업에서의 고용 감소 폭과 인력 대체 속도는 본 연구의 기술적 예측치보다 완만하고 점진적인 형태로 나타날 가능성이 높다.

아울러, AI 기술 도입이 원자력 전문 인력의 업무 효율과 역할을 고도화하는 방향으로 작용하게 될 경우를 고려한 AI 맞춤형 원자력 인력양성에 대한 노력에도 소홀해서는 안 될 것이다. 미국의 경우 국립 연구소를 중심으로 디지털 트윈, 시뮬레이션, 데이터 기반 안전 해석 역량을 기존 원자력 인력 재교육 과정에 통합함으로써, 인력 감축이 아닌 역량 전환(reskilling)을 인력 양성 정책의 핵심 목표로 설정하고 있다. 우리나라 또한 이를 AI 시대 원자력 인력 정책의 지향점으로 설정하고, 정부에서 추진하고 있는 AI 대전환 정책에 맞춰 원자력 AI 인력양성에 집중할 필요가 있다.

마지막으로, 본 연구는 과거 소프트웨어 기술이 고용에 미친 영향을 대리 변수(Proxy)로 활용하여 AI의 미래 파급력을 외삽하여 추정된 연구라는 한계를 지닌다. 현재는 AI 기술 도입의 초기 단계로서 그 영향이 거시적인 고용 통계에 완전히 반영되지 않은 시점이다. 따라서 향후 AI 기술이 산업 전반에 확산되어 실제 고용 변화가 통계적으로 가시화되는 시점부터, 실측 데이터를 바탕으로 한 실증적 후속 연구가 수행되어야 할 것이다.

### 3. 인력 수요 대응을 위한 대학 인력 공급 활성화 방안

#### 3.1. 잠재적 인력에의 노출 확대

학령인구가 지속적으로 감소하고 있는 현재의 여건에서는, 대학 입학정원이나 전공 정원을 늘리는 것만으로 인력 규모가 자연스럽게 증가하는 환경은 더 이상 기대하기 어렵다. 이공계 전반의 진학 수요가 충분히 뒷받침되는 상황이라면 전공 정원 확대가 곧바로 인력 배출 증가로 이어질 수 있겠으나, 현재와 같이 입학자원이 한정적인 구조에서는 정원 확대가 실질적인 인력 확보로 연결되지 않는 경우가 점차 늘어나고 있다.

특히 원자력 분야는 전공 선택 전 단계에서 충분한 정보와 인식이 형성되지 않으면 진입이 제한될 수 있어, 단순한 정원 관리 중심의 접근에는 구조적인 한계가 존재한다. 이

에 따라 향후 원자력 전공 인력 확보 전략은 ‘얼마나 많은 인력을 배출할 것인가’라는 질문을 넘어, 잠재적 유입 인력이 어떤 경로를 통해 원자력 분야를 인식하고 진입을 선택하게 되는지를 고려한 접근을 요구한다.

이와 같은 인식을 바탕으로, 본 절에서는 전공 선택 이전 단계부터 대학·대학원 재학생 단계에 이르기까지 잠재적 유입 인력이 자연스럽게 분야에 노출될 수 있도록 함으로써 원자력 분야에 대한 인식과 관심을 형성하고 장기적으로 전공 인력 유입 기반을 넓히는 방안을 제안한다.

#### 가. 중·고등학생 대상 원자력 기초 노출 프로그램 확대

중·고등학생 시기는 전공 선택 이전 단계로, 특정 학문 분야에 대한 흥미와 인식이 형성되는 중요한 시기이다. 이 단계에 원자력 분야에 대한 긍정적이고 균형 잡힌 첫 노출이 이루어질 경우, 향후 이공계 진학 및 전공 선택 과정에서 원자력 분야를 고려할 가능성이 높아질 수 있다. 이를 위해 여름·겨울학교와 같은 단기 교육 프로그램을 활용하여, 학생의 눈높이에 맞춘 기초적이고 폭넓은 내용을 전달하는 방안이 효과적이다.

특히 이들 프로그램은 원자력 기술 자체에만 초점을 맞추기보다는 원자 모형의 발전이나 원자핵의 발견 과정, 기후변화와 탄소중립 문제, 저탄소·무탄소 에너지원 등과 같은 주제를 중심으로 구성함으로써 듣는 이의 부담을 줄이고 자연스럽게 원자력의 역할과 맥락을 이해하도록 설계할 필요가 있다. 중학생을 대상으로는 스토리텔링 중심의 기초 과학 프로그램을, 진학 분야를 본격적으로 고민하는 고등학생을 대상으로는 핵물리 및 미래 에너지 관련 프로그램을 운영하여 학령기 단계별 특성을 반영하는 것 또한 좋은 방안이다.

#### 나. 원자력 전공 대학생의 홍보·멘토링 활동 연계 강화

중·고등학생을 대상으로 노출을 확대하기 위해서는, 실제 원자력 전공 대학생이 참여하는 홍보 및 멘토링 활동을 장려하는 방안도 중요하다. 현재 일부 대학 소속 동아리 등을 중심으로 중·고등학생 대상 멘토링 프로그램이 운영되고 있으나, 이는 주로 재학생의 자발적 참여에 의존하고 있어 활동 규모와 지속성에 한계가 있다. 해당 동아리 또는 단체에 원자력 관련 학과 재학생이 소속되어 있지 않으면 원자력 분야에 대한 노출은 전혀 이루어질 수 없는 구조이기 때문이다.

이와 관련해 최근 일부 대학교에 도입된 ‘미산 등산장학금’의 사례를 살펴볼 필요가 있다. 미산 등산 장학금은 성적이나 소득 요건과 무관하게 등산 활동의 횟수에 대해 지급하는 장학금으로, 모집 단계부터 예상보다 많은 학생이 참여하며 선발 인원을 대폭 확대하는 결과로 이어졌다. 이는 명확한 참여 기준과 보상 구조를 제시함으로써 학생들의 자발적인 참여를 유도한 사례로, 이를 원자력 전공 홍보 및 멘토링 활동에 적용하면 전공 재학생의 부담을 최소화하면서도 중·고등학생 대상 노출 기회를 실질적으로 늘릴 수 있는 현실적인 수단이 될 수 있다.



그림 6-6. 서울대학교 미산 등산 장학생 모집 안내

#### 다. 도심형 원자력 산업·연구 거점 조성을 통한 대중 노출 확대

현재 원자력 관련 시설과 연구기관은 발전소 인근 지역이나 특정 연구단지에 집중되어 있어, 일반 대중과 학령기 인구가 일상적으로 원자력 분야를 접할 기회는 제한적인 편이다. 특히 학령기 인구 밀도가 낮은 지역에 시설이 집중된 구조는 장기적인 인력 확보 측면에서 불리하다. 이에 인구가 많은 대도시에 상징성과 접근성을 갖춘 원자력 산업·연구 거점을 조성하여 인력 유입을 유도하는 방안을 고려할 수 있다. 특히 최근 수도권 소재 민간 기업들의 SMR 설계 및 건설 분야에 대한 관심이 높아지고 있는 만큼, 기존 연구기관·대학과 연계한 ‘산학연 공동 R&D 센터’의 유치 및 운영이 유효한 전략으로서 실효성이 높을 것으로 판단된다.

이와 같은 도심형 거점은 단순한 사무 공간을 넘어 전시·체험·교육 기능을 포함한 복합 공간으로 설계함으로써, 원자력 산업과 연구 활동이 현대 사회의 일상에서 어떤 역할을 하는지를 직관적으로 전달하는 역할을 할 수 있다. 이는 특정 연령층을 대상으로 한 교육 프로그램을 넘어, 대중 전반의 인식 형성과 잠재적 인재 풀 확대에 이바지할 기반이 될 수 있다.

#### 라. 대학(원)생 대상 견학 및 홍보 활동의 체계화

대학과 대학원 재학생 단계에서는 전공 유지와 더불어 타 전공 학생의 유입 가능성도 중요한 인력 확보 경로로 작용한다. 실제로 원자력 관련기관 종사자 중 상당수가 원자력 외 전공 출신이라는 점을 고려할 때, 원자력 분야가 특정 전공에 한정된 폐쇄적 영역이 아니라 다양한 배경의 인력이 진입할 수 있는 분야임을 체감할 수 있도록 하는 것이 중요하다.

이를 위해 원자력 관련기관의 견학·홍보 활동을 체계적으로 관리하고, 우수 사례를 발굴하여 공유하는 제도를 도입할 수 있다. 기관별 견학 프로그램 운영 현황을 조사하여 우수기관을 선정하고, 해당 사례를 공유함으로써 다른 기관의 벤치마킹을 유도하는 방

식은 비교적 낮은 비용으로도 실효성을 높일 수 있다. 아울러 전담 부서가 없는 기관에 대해서는 관련 기능을 강화하거나 신설하는 방향도 함께 검토할 수 있다.



그림 6-7. 원자력통제기술원 핵비확산 대학생 체험단 교육

#### 마. 산업 연계 산학장학생 제도를 통한 조기 유입 기반 마련

산업계와 대학(원) 재학생을 직접 연계하는 산학장학생 제도는 인력 확보와 양성 측면에서 중요한 수단으로 활용될 수 있다. 산학장학생 제도는 산업계에는 우수 인재를 조기에 확보할 수 있는 경로를, 학생에게는 학비 부담 완화와 진로 불확실성 감소라는 실질적인 유인을 제공함으로써 전공 유지와 진입을 동시에 유도하는 구조를 갖는다.

실제로 국내 산업 분야에서는 사기업을 중심으로 산학장학생 제도를 통해 특정 분야 인력 유입을 안정적으로 확보하려는 시도가 이미 이루어지고 있다. 예를 들어, 롯데정밀화학에서는 석사 및 박사 재학생을 대상으로 등록금과 장학금을 지원하고, 졸업 후 관련 부서의 근무를 자연스럽게 연계하고 있다. 또한 삼성SDI에서는 서울대학교와 공동으로 교육 트랙을 구성하고 대학원 재학생에게 장학금을 제공하는 동시에 채용 연계를 명시하는 프로그램을 운영하고 있다.

이와 같은 사례들은 산학장학생 제도가 단순한 재정 지원을 넘어 전공 선택 이후 단계에서 인력의 이탈을 방지하고 산업 현장으로의 원활한 전이를 가능하게 하는 장치로 기능할 수 있음을 보여준다. 특히 학령인구 감소로 인해 전공 정원 확대만으로 인력 확보가 어려운 상황에서는, 재학생 단계에서부터 산업과의 연계를 명확히 제시하는 방식이 전공 유지와 인력 유입 측면에서 실질적인 효과를 가질 수 있다. 또한 장학 수혜 기간 연수, 인턴십 등 산업체와의 지속적인 교류를 병행함으로써, 산업 현장에서 요구되는 역량을 사전에 체득한 맞춤형 인재를 양성하는 기반으로도 활용될 수 있다.

**롯데정밀화학 R&D 산학장학생 모집**

전형 필차: 서류전형 > 인성검사 > 면접전형 > 최종선발  
 지원기간: 2023. 7. 10(월) ~ 7. 23(일)  
 지원방법: 롯데그룹 채용홈페이지 지원 (https://recruit.lotte.co.kr)  
 문의처: 이메일 문의 (lf\_recruit@lotte.net)

**서울대-삼성SDI 배터리 인재양성 트랙 대학원 SSBT 장학생 모집**

**배터리 핵심인력 양성**  
 배터리 맞춤형 교육용 둘째 배터리 소자(셀/시스템) 분야의 석사/박사 핵심인력 양성

**배터리 관련 전공 대학원생**  
 재료공학부, 화학공학부, 화학부, 기계공학부, 전기정보공학부 등 배터리에 분야 관련 전공 석사과정 신입생 및 재학생, 박사후유망생

**삼성SDI 채용연계**  
 선발된 장학생은 채용공고를 거쳐 채용합격 시 학위과정 졸업 후 삼성SDI 입사연계

**SSBT 장학생 혜택**  
 최선의 배터리 교육 제공, 최고의 경력 혜택, 삼성SDI 채용 보장

구분	모집 대상	등록금	장학금	기타	지원 기간
박사과정	4학기 이상 수료자	전액 지원	200만원/월	논문연구비 50만원(1회) / 배급비(월) 300만원	23년 9월 ~ (내년 2년)
석사과정	2학기 이상 수료자	전액 지원	150만원/월	-	23년 9월 ~ (내년 1년)

**모집 분야**

모집 분야	관련 전공	관련 분야	근무처
신약 R&D	신용공학, 생명공학, 화학공학, 약학 등 관련 전공	신약/의료 디바이스 개발용 등의 의료 소재 연구 - 원천 소재 식육, 의료 소재 연구	미국
분자생물학	화학, 화학공학, 고분자공학, 화학 계열 등 관련 전공	분자 지평 및 신규 분석법 개발 - GC/MS, 핵기 질량 분석 등	미국
신소재 R&D	화학, 화학공학, 고분자, 섬유, 농학, 정보학, 화학적 계열 등 관련 전공	탄탄한 용매/고분자용 수지 재료 및 용융 기술 연구개발 - 재료 및 동종 분자 등에 대한 동종/이종 분자 제어 및 기술 연구개발	미국
정밀공정 R&D	화학, 화학공학, 고분자, 도장 공학 등 관련 전공	수출용 패턴트 연구 및 제품 개발 - 패턴 설계 및 용융 기술	미국
공정공학	화학, 화학공학 등 관련 전공	공정 최적/개선 개발(연구) 및 최적화 - Scale-up 공정 개발 및 신규 공정 프로세스도 입수 수행	미국

지원절차: 지원서 제출 → 대학원 입학서류 → 임시 장학자 발표 및 등록 → SSBT 장학생 지원신청

세부안내: 홈페이지 공지사항, 지원서 다운로드, QR코드

학상지원내역: SSBT 장학금, 삼성SDI 채용 혜택, 삼성SDI 채용 연계 지원, 각종 프로그램, 삼성SDI 취업연계

문의: 서울대-삼성SDI 배터리 인재양성 트랙(SSBT) 문의 SSBT지원센터(02-880-8624 / jyeong@snu.ac.kr) 홈페이지 sbst.snu.ac.kr

그림 6-8. (좌) 롯데정밀화학 R&D 산학장학생, (우) 서울대-삼성SDI 배터리 인재양성 트랙 장학생 모집 안내

**바. 현장 수요 직무 중심의 교육 환경 제공**

본 연구에서 확인된 학사 인력의 낮은 산업 유입률 문제는 기존의 학문 중심 인력양성 방식이 산업 현장의 직무 수요와 충분히 연계되지 못한 구조적 한계에서 기인한다. 미국의 원자력 인력정책에서는 이러한 문제에 대응하기 위해 발전소 운영·정비, 방사선 관리, 계측·제어 등 직무 단위 중심의 인력양성 체계를 적극 활용하고 있다. 예컨대, 커뮤니티 칼리지와 원전 사업자를 연계한 교육 프로그램이나 연방정부가 인증하는 ‘Registered Apprenticeship Program’은 학사 이하 인력을 즉시 현장 투입이 가능한 실무형 인재로 육성하는 역할을 수행하고 있다. 이는 학사 인력을 예비 연구 인력이 아닌 산업 경쟁력의 핵심 구성 요소로 재정의하는 정책적 접근으로 해석된다.

따라서 국내 대학 역시 이론 위주의 교육에서 탈피하여, 산학 협력을 기반으로 재학생 중심 핵심 직무 역량을 터득할 수 있는 ‘현장 밀착형’ 교육 과정으로의 개편을 통해, 대학에서 배출한 인력이 산업계로 투입되는 문턱을 낮출 수 있도록 하는 인력 양성 파이프라인을 구축해야 할 것으로 보인다.

**사. 미래 인재 유입을 위한 산업 비전 제시 및 정책 신뢰성 강화**

향후 원자력 산업계로 유입될 잠재적 인력인 중·고등학생들에게 있어, 정부의 정책 방향과 산업의 장기적 전망은 전공 선택의 가장 결정적인 시그널로 작용한다. 그동안 원자력 산업은 에너지 정책 변화나 사회적 수용성 이슈 등 외부 변수에 따라 부침이 큰 분야로 인식되어 왔으며, 이러한 부정적 노출은 우수 인재의 이탈로 직결되는 결과를 초래했다.

따라서 잠재 인력 확보를 위해서는 원자력 산업의 안정성과 미래 가치를 적극적으로 노출하는 전략이 필요하다. 원자력 산업계 차원에서 정부 정책의 일관성을 유지할 수 있도록 하는 대응 노력은 물론이고, 산업계가 주도적으로 ‘국가 에너지 안보와 탄소 중립의 핵심 축’ 으로서의 원자력에 대한 비전을 지속적으로 노출해야 한다. 나아가 소형모듈원전, 우주 탐사, 인공지능 등 원자력이 단순한 에너지를 넘어 첨단 과학기술의 집약체이자 미래 신성장 동력임을 전면에 내세워 부각해야 한다.

즉, 외부 환경 변화와 무관하게 견고한 산업 생태계가 구축되고 있음을 예비 전공자들에게 각인시키고, 기술 발전 가능성에 대한 접점을 늘려나가는 것이 중요하다.

### 3.2. 원자력 직업 시장의 질적 제고

앞서 살펴본 바와 같이 현재 원자력 취업 시장은 연간 약 600명의 공급에 비해 신규 채용 규모가 300명 미만에 머무르며 구조적인 공급 우위를 보이는 것으로 나타난다. 그럼에도 현장에서는 인력 부족 문제가 언급되며, 특히 우수 인재 확보의 어려움이 반복적으로 제기되고 있다. 이는 단순한 인력 규모의 문제가 아니라, 어떤 사람들이 어떤 조건의 일자리로 유입·잔류하는가를 둘러싼 직업 시장의 질 문제로 이해할 필요가 있다. 다시 말해, 학생 유입의 가장 중요한 조건은 원자력 분야 직업 시장의 질을 충분히 높이는 것이다.

#### 가. 직업 시장의 질과 전공 선택

전공 선택과 진로 결정은 노동시장에서의 기대 임금에 의해 크게 좌우된다. 독일 베를린의 고등학교 상급생을 대상으로 대학 교육의 비용과 전공별 장기 소득 전망에 대한 정보를 제공하는 무작위 현장실험을 수행한 결과, 정보를 제공받은 집단이 통제집단에 비해 보다 높은 임금을 제공하는 전공에 등록하는 경향을 보였다. 이와 같은 결과는 학생들이 전공을 선택할 때 기대 소득과 교육 비용, 성공 가능성을 종합적으로 고려한다는 점을 잘 보여준다[26].

국내에서도 2,000명 이상의 STEM 학부생을 대상으로 한 분석에서 학업 성취나 흥미 요인뿐 아니라 졸업 후 진로 방향, 원하는 직종과 산업, 커리어 동기, 경력 장벽 인식과 같은 진로·직업 관련 변수가 전공 유지 의향의 변동을 약 50% 이상 설명하는 것으로 나타났다[27]. 이는 전공 선택 단계에서 이루어지는 정보 제공이나 홍보 활동이 궁극적으로는 직업 시장이 얼마나 안정적이고 매력적인지, 해당 전공이 어떤 경력 경로로 이어지는지를 설득력 있게 보여줄 수 있을 때 비로소 효력을 갖는다는 점을 시사한다. 따라서 원자력 인력 확보 정책에서도 학생 유입을 단기적인 교육·홍보 프로그램의 문제로만 보지 말고, 직업 시장의 질 제고를 전제로 하는 중·장기 전략으로 접근할 필요가 있다.

## 나. 지방 근무 기피 해소를 위한 정주 환경 개선

대한상공회의소의 조사 결과[28]에 따르면, 전국 2030세대가 비수도권 거주를 결정할 때 가장 중요하게 고려하는 요소는 ‘정주 여건(41.2%)’으로, ‘연봉과 일자리(29.8%)’를 상회하는 것으로 나타났다. 이는 청년 세대에게 지역 근무가 단순한 일자리의 위치가 아닌, 주거·문화·의료·교육 등 삶의 질을 결정짓는 선택임을 시사한다.

그러나 원자력 산업의 특성상 주요 발전소 및 기자재 공급망이 수도권과 떨어진 지역에 편중되어 있어, 수도권 대비 상대적으로 열악한 정주 환경이 신규 인력 유입의 장벽으로 작용하고 있다. 따라서 원자력 분야의 인재 유치와 이탈 방지를 위해서는 정주 환경 개선이 필수적이나, 이는 단일 기업의 노력만으로 해결하기 어려운 과제이다. 이에 지자체, 공공기관, 산업단지 차원의 연계와 협력을 통한 대응 전략이 요구된다.

먼저 초기 정착의 가장 큰 걸림돌인 주거 문제는 지자체 및 공공기관과의 협업을 통한 해결이 권장된다. 대한상공회의소가 제안한 바와 같이, 지자체나 공공기관이 보유한 공공주택의 운영권을 지역 기업에 위탁하여 이를 임직원에게 무상 또는 저리로 제공하는 방안이 효과적이다[28]. 이는 기업이 직접 기숙사를 건립하는 부담을 덜면서도, 확실한 채용 유인책을 확보하는 모델이 될 수 있다.

문화·여가 인프라의 경우 시설 부족 문제를 비용 지원의 형태로 보완하는 전략이 필요하다. 복지 포인트를 활용하여 공연 관람비를 지원하거나, 공연 유치 기업과의 제휴를 통한 임직원 전용 티켓을 확보하는 등의 방식도 생각할 수 있다. 아울러 사내 강당이나 로비를 활용, 콘서트나 인문학 특강 등을 정기적으로 개최하는 방안도 고려할 만하다.

의료 시설 부족은 기업 간 연합과 기존 자원의 활용을 통해 극복해야 할 대표적인 분야로 생각된다. 산업단지 차원으로 단지 내 1차 진료 가능한 공동 의원 및 약국을 유치하고, 지역 거점 대학병원과 협약을 맺어 임직원 전용 예약·건강검진 혜택을 제공할 수 있다. 특히 한국수력원자력이 지역 6개 병원과 체결한 ‘방사선 비상진료 협약’ 모델[29]을 벤치마킹할 필요가 있다. 기존 협약이 방사능 비상환자에 대한 대응에 초점을 맞췄다면, 이를 협력업체 임직원의 일반 진료 및 건강 관리까지 포괄하는 형태로 대상을 확대·개편함으로써 실질적인 의료 환경 개선에 이바지 할 수 있을 것이다.

그 외에도 광역 생활권을 누릴 수 있도록 통근버스의 운행 범위를 확대하고, 교통비 지원을 통해 이동권을 보장하는 방식의 교통 환경 개선 방안이 있다. 또한 자녀 교육 문제 해소를 위해 학자금 지원을 강화하고, 지역 내 사립학교 또는 교육재단과 연계하여 임직원 자녀에 대한 입학 기회를 확보하는 등 가족 단위의 이주를 유도할 수 있는 정책을 고려해야 한다.

한 가지 주의해야 할 점은, 상기한 정주 여건 개선안들은 개별 기업의 역량만으로는 실현에 한계가 명확하다는 것이다. 따라서 원자력 산업계 전체가 공동으로 대응할 수 있는 창구를 마련하고, 지자체나 정부 부처와의 협상력을 높여줄 컨트롤 타워의 역할이 중요하다. 산업계 차원의 통합된 목소리를 통해 지자체의 인프라 투자를 이끌어내고, 실질적인 협약을 주도할 때 비로소 원자력 인재의 안정적인 정착으로 이어질 수 있을 것이다.

#### 다. 원자력 종사자의 임금 수준 제고

서울대 원자력정책센터의 2025년 분석에 따르면 미국, 프랑스, 캐나다, 일본 등 주요 원전 운영국에서는 원자력 종사자에게 자국 일반 산업 평균 대비 평균 25% 이상 높은 임금을 지급하고 있다. 이에 반해 한국은 일반 산업(8,266만 원)과 원자력 종사자 임금(8,547만 원)의 격차가 3% 수준에 그치는 것으로 나타났다. 해외에서는 원자력 산업 종사자 평균 임금이 자국 타 산업 평균 대비 1.25배, 특히 프랑스의 경우 2.34배 수준으로 원자력 분야가 해당 국가 내에서 상대적으로 높은 보상을 제공하는 ‘프리미엄 일자리’로 기능하고 있음을 보여준다. 연구진은 이러한 격차가 원자력 산업의 안정성과 경쟁력 확보에 직결된다고 지적한다[30].

더구나 해외에서는 방사선 노출 위험을 고려하여 원자력 종사자에게 기본 임금 외에 특별수당을 추가 지급하기도 하지만 한국은 공공기관 인건비 통제 등의 영향으로 산업 특수성이 충분히 반영되지 못하고 있어, 임금 수준과 근무 환경이 국제적 기준에 비해 상대적으로 매력적이지 않다는 평가를 받고 있다. 이와 같은 처우 격차가 지속되면 우수 인력의 해외 유출이 가속화되고 신규 인력 유입이 더욱 어려워져 국내 원자력 산업의 지속적 발전이 위태로울 수 있다.

따라서 해외 사례와 같이 타 산업 대비 임금 측면에서 확실한 우위를 보장하여 원자력 분야를 매력적인 일자리로 재정립하는 것이, 우수 인재의 이탈을 막고 신규 유입을 촉진하는데 있어 실효성 있는 해결책이 될 수 있다.

#### 라. 수평적 조직문화 조성 및 개방형 인력 순환 체계 구축

최근 청년 세대는 단순한 보수 수준뿐 아니라 업무의 의미와 자율성, 조직문화와 리더십을 전공·직업 선택의 핵심 기준으로 삼는 경향이 강하다. 북미 젊은 원자력 종사자들 대상으로 한 조사 보고서에서도 산업에 진입한 이유와 남아 있는 이유, 이탈을 고민하는 이유를 물었을 때 세 항목 모두에서 급여와 근로여건, 유연근무, 경력 개발 기회가 공통적인 상위 요인으로 나타난 바 있다[31]. 이는 원자력 분야가 절차 중심의 경직된 문화, 수직적인 의사결정 구조, 실패에 대한 과도한 낙인 등을 유지한다면 신규 인력의 조기 이탈로 인해 인력 확보와 유지에 부정적인 영향을 미칠 수 있음을 시사한다.

따라서 각 기관은 안전 요구사항을 훼손하지 않는 범위에서 팀 기반 프로젝트 운영, 다학제 협업, 합리적 업무 분담과 초과근무 관리, 직장 내 괴롭힘과 차별에 대한 무관용 원칙 등 건강한 조직문화 정착을 위한 노력을 강화해야 한다. 젊은 인력이 자신의 의견을 제시하고 정책·기술 의사결정 과정에 참여할 수 있는 통로를 확대하는 것 역시 직무 만족도와 소속감 제고에 중요하다. IAEA가 주최한 인력 양성 관련 논의에서도 차세대 원자력 인력을 유치하기 위해서는 젊은 세대에게 매력적인 근무 환경을 제공하고 경력 개발에 대한 명확한 로드맵을 제시하는 것이 중요하다는 점이 강조된 바 있으며[32], 이는 국내 원자력 조직에도 그대로 적용될 수 있는 시사점이다.

아울러, 조직문화 개선을 넘어 인력 운영 구조 자체의 유연성을 확보해야 한다. 현재

국내 원자력계의 고질적 문제인 ‘허리 계층 약화’ 현상을 완화하기 위해, 기관 간 벽을 허무는 개방적 인력 순환 체계 도입을 검토해야 한다. 미국의 경우 에너지부(DOE) 산하 국립연구소를 중심으로 ‘산업체-연구소-규제기관’ 간 인력 이동을 제도적으로 장려하여, 조직 내 인력 정체를 방지하고 전문 지식의 확산을 촉진하고 있다. 이러한 순환형 모델은 국내 인력에게도 ‘한 직장이 아닌 산업 생태계 전체’를 무대로 하는 경력에 대한 비전을 제시하여, 산업 내 인재의 잔존율을 높이고 산업 전체의 역량을 강화하는 대안이 될 것이다.

## VII. 결론

국내 원자력 산업이 탄소중립 실현을 위한 신규원전 건설, 원전 수출, SMR 도입 등의 기회를 성공적인 산업 재도약의 기회로 삼기 위해서는 우수한 기술 인력의 확보가 필수적이다. 그러나 현재 국내 원전 산업은 인력 고령화와 허리 계층 약화라는 구조적 취약점에 직면해 있으며, 학령 인구 감소에 따른 신규 인력 수급난과 산업 사이클의 불확실성에 따른 수요 변동성까지 예상되고 있어 미래 인력 수요를 전망하고 적기에 대응하기 위한 전략 수립이 그 어느 때보다 중요한 시점이다.

이에 본 연구는 시스템 다이내믹스 모델링을 통해 정책 변수에 따른 기준·낙관·비관의 세 가지 시나리오를 설정하여 인력 수요와 공급 전망에 대한 동태적 분석을 수행하였다. 아울러 AI 기술 도입이 인력 구조에 미칠 잠재적 영향을 진단하고, 인구통계학적 위기 속에서 실행 가능한 인력 양성 방안을 모색하였다.

주요 분석 결과, 시나리오별 수급 불균형의 심화 가능성이 확인되었다. 낙관 시나리오 하에서 원자력학과 출신 신규 인력 수요는 BAU 대비 최대 2.26배까지 급증할 것으로 예측된 반면, 인력 공급은 학령인구 감소의 충격으로 인해 2050년 졸업생 수가 2035년 대비 약 48% 수준으로 급감할 위험이 있는 것으로 나타났다. 원자력 전공 졸업생의 산업 유입률을 반영한 ‘유효 공급’을 기준으로 분석한 결과, 산업 호황을 가정한 낙관 시나리오 하에서는 인력 배출을 최대로 확대하더라도 2050년 기준 약 150명의 공급 부족이 발생하며, 학령인구 감소 충격이 반영된 시나리오에서는 부족 인원이 최대 335명에 달할 것으로 예측되었다. 이는 산업 재도약기에 수요는 폭증하나 공급 기반은 약화되는 방향으로 수급 격차가 구조적으로 확대할 가능성이 존재함을 시사한다.

한편, AI 기술 도입은 인력 수급의 새로운 변수이나 그 대체 효과는 제한적일 것으로 전망된다. 분석 결과 기술적으로는 고속련 전문 인력의 최대 30%, 강한 영향 시나리오 하에서는 최대 46%가 대체 가능하여 수요 폭증을 일부 완화할 수 있을 것으로 나타났다. 그러나 안전을 최우선 가치로 하는 원자력 산업의 특수성과 규제 환경을 고려할 때, AI는 인력을 전면 대체하기보다 업무 효율을 높이는 보조 도구로 기능할 가능성이 높을 것으로 보인다.

이상의 결과를 토대로, 본 연구는 원자력 전문인력 수급 정책의 근본적인 방향 전환이 필요함을 제안한다. 학령인구 감소로 인해 단순히 대학 입학 정원을 늘리는 양적 접근만으로는 한계가 명확하므로, 한정된 인적 자원을 효율적으로 활용하기 위한 ‘유입 기반 확충’과 ‘산업 안착 유도’의 균형잡힌 전략이 요구된다.

우선 ‘유입 기반 확충’을 위해서는 잠재 인력인 초·중등 학생 단계에서부터 원자력 과학 기술에 대한 노출 빈도를 높여 긍정적 인식을 형성하고, 우수한 인재가 자연스럽게 원자력 전공으로 진입하도록 하는 노력이 선행되어야 한다. 이와 동시에, ‘산업 안착 유도’를 위해 전공 졸업생이 타 분야로 이탈하지 않고 실제 원자력 산업계로 유입되도록 직업 시장의 매력도를 높여야 한다. 이는 정주 환경 개선과 임금 수준 향상, 근로 여건 및 조직 문화 매력도 제고 등 직업의 질적 고도화를 통해 달성할 수 있다.

다가오는 원자력 산업의 재도약 기회를 성공적으로 포착하기 위해서는 인력 수급 문제

를 단기적 대응 과제가 아닌 산업 생태계 차원의 구조적 과제로 인식해야 한다. 잠재적 인재를 원자력 분야로, 나아가 산업 현장으로 이끄는 노력을 병행하는 전주기적 인력 양성 체계를 구축하고 확립할 때 국내 원자력 산업은 불확실한 외부 환경 속에서도 지속가능한 경쟁력을 확보할 수 있을 것이다.

## VIII. 참고문헌

- 1) 한국원자력산업협회. (2025). 2023년도 원자력산업실태조사. 과학기술정보통신부.
- 2) 연덕원. (2021). 대학 구조조정 현재와 미래: 정원 정책을 중심으로 (연구용역 보고서). 정의당.
- 3) 한국원자력산업협회. (2005-2024). 원자력산업실태조사. 과학기술정보통신부.
- 4) 방창준 외. (2025). 원전수출 경쟁력 제고를 위한 인적역량 강화방안 연구. 서울대학교 산학협력단; 한국전력기술(주).
- 5) 한국고용정보원. (2024). 중장기 인력수급 전망 2023-2033 (기본사업 2024-36).
- 6) 이용식, 이근준, 곽상만. (2006). 전력산업 인력수급 예측모형 개발 연구. 한국시스템다이내믹스연구, 7(1), 67-90.
- 7) 박홍희. (2013). 전기공사업 노동시장의 인력수급 불균형에 관한 연구: 기술·기능인력의 수급격차에 대한 시뮬레이션. 한국시스템다이내믹스연구, 14(3), 105-134.
- 8) 김지환, 김윤경. (2023). 우리나라 원자력발전의 경제유발효과 분석. 에너지경제연구, 22(2), 71-94.
- 9) International Atomic Energy Agency. (2011). Workforce planning for new nuclear power programmes (IAEA Nuclear Energy Series No. NG-T-3.10). Vienna: IAEA.
- 10) 이용석, 장세운, 안남성. (2011). 시스템다이내믹스 기법을 사용한 원자력발전 인력수요 전망 연구. 2011년 한국시스템다이내믹스학회 동계학술대회 발표논문집.
- 11) Forrester, J. W. (1961). Industrial dynamics. MIT Press.
- 12) Sterman, J. D. (2000). Business dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world. McGraw-Hill.
- 13) Richardson, G. P. (1991). Feedback thought in social science and systems theory. University of Pennsylvania Press.
- 14) Meadows, D. H. (2008). Thinking in systems: A primer. Chelsea Green Publishing.
- 15) 김윤석. (2014). 원자력산업 인력수급전망 및 대처방안 연구 [석사학위논문]. 서울대학교.
- 16) 고용노동부. (2025). 2025년 10월 사업체노동력조사 결과. 대한민국 정책브리핑.
- 17) 이철희, 권정현, 김태훈. (2025). 인구변화의 주요 부문별 전망과 대응 방향 연구. 보건복지부.
- 18) 한성민. (2023). 지역대학의 구조적 전환과 발전 방안. 한국개발연구원(KDI).
- 19) U.S. Nuclear Regulatory Commission. (2023). Artificial intelligence strategic plan: Fiscal years 2023-2027 (NUREG-2261).
- 20) IAEA. (2022). Artificial Intelligence for accelerating nuclear applications, science and technology.
- 21) Arhouni, F. E., Abdo, M. A. S., Ouakkas, S., Bouhssa, M. L., & Boukhair, A. (2025).

- Artificial intelligence-driven advances in nuclear technology: Exploring innovations, applications, and future prospects. *Annals of Nuclear Energy*, 213, 111151.
- 22) Felten, E. W., Raj, M., & Seamans, R. (2019). The occupational impact of artificial intelligence: Labor, skills, and polarization. NYU Stern School of Business.
  - 23) Pizzinelli, C., Panton, A. J., Tavares, M. M., Cazzaniga, M., & Li, L. (2023). Labor market exposure to AI: Cross-country differences and distributional implications (IMF Working Paper No. 2023/216). International Monetary Fund.
  - 24) Webb, M. (2019). The impact of artificial intelligence on the labor market. Stanford University.
  - 25) 한지우, & 오삼일. (2023). AI와 노동시장 변화 (BOK 이슈노트). 한국은행.
  - 26) Peter, F., Schober, P., & Spiess, C. K. (2024). Information intervention on long-term earnings prospects and the gender gap in major choice. *European Sociological Review*, 40(2), 258-275.
  - 27) Hwang, S. (2024). Differences in academic persistence intentions among STEM undergraduates in South Korea: Analysis of related and influencing factors. *Education Sciences*, 14(6), 577.
  - 28) 대한상공회의소. (2024.07.31.). 청년층의 지역 전입에 미치는 영향 연구[보도자료].
  - 29) 한국수력원자력. (2025.04.09.). 한국수력원자력, 원전본부 협약병원에 ‘방사선 비상진료장비’ 지원[보도자료].
  - 30) 강희중. (2025.09.19). 한국은 평균 '8500만원'인데 해외에선 '1억' 더 받는다고?...원전 인력 이탈 비상. *아시아경제*.
  - 31) North American Young Generation in Nuclear. (2024). 2024 NAYGN career report.
  - 32) International Atomic Energy Agency. (2019.08.17). Preparing the next generation of the workforce for the nuclear industry.

## 간 행 물 정 보 양 식

보고서번호	국문제목/영문제목		
KNS(R)-002-2025	글로벌 원자력산업 도약을 위한 원자력 인력양성 방안 연구 Research on Nuclear Human Resource Development Strategies for the Advancement of the Global Nuclear Industry		
책임자 / 직책	심형진 / 한국원자력학회 고급정책연구소장		
참여자	심형진, 오영민, 최성열, 박지웅, 김지연		
발행일	2025-12-31	공개여부	공개( O ) 비공개( )
페이지	100 p.	크 기	A4
위탁기관/ 관련기관	서울대학교, 연세대학교		
초록 (200단어 내외)	<p>국내 원자력 산업은 탄소중립 실현을 위한 신규원전 건설 재개와 수출, SMR 도입 등 제도약의 기회를 맞이하고 있으나, 내부적으로는 인력 고령화, 외부적으로는 학령인구 감소에 따른 공급 기반 위축이라는 위기에 직면해있다. 이에 본 연구는 시스템 다이내믹스(System Dynamics) 모델링을 활용하여 정책 변수에 따른 세 가지 원전 산업 발전 시나리오를 설정하고, 2050년까지의 수급 동태를 정량적으로 분석하였다. 아울러 AI 기술 도입이 인력 구조에 미칠 잠재적 영향을 진단하였다.</p> <p>분석 결과, 산업 호황기에는 인력 수요가 급증하는 반면 공급 기반이 약화되어 수급 격차가 확대될 구조적 위험이 확인되었다. 특히 수요 낙관 시나리오 하에서는 신규 인력 수요가 최대 2.26배 급증하는 반면, 공급은 학령인구 감소 충격으로 2035년 대비 48% 수준까지 급감하여 2050년 기준 최대 335명의 공급 부족이 발생할 것으로 전망되었다. 한편 AI 기술은 고속륜 직무에 대해 최대 30~46%의 기술적 대체가 가능할 것으로 분석되었으나, 안전 규제가 엄격한 원자력 산업 특성상 인력 대체보다는 생산성 증진 도구로 기능할 가능성이 높을 것으로 예상된다.</p> <p>이상의 결과를 토대로 본 연구는 한정된 인적 자원을 효율적으로 활용하기 위한 유입 기반 확충과 직업 시장 고도화를 통한 산업 안착 유도가 균형을 이루는 전주기적 인력 양성 체계를 구축할 것을 제안한다.</p>		
주제어 키워드 (10단어 내외)	<p>인력 수급 전망(Workforce Supply and Demand Outlook), 시스템 다이내믹스(System Dynamics), 시나리오 분석(Scenario Analysis), 수급 격차(Supply-Demand Gap), 인공지능 영향(Impact of AI), 유효 공급(Effective Supply), 인력 양성 정책(Manpower Training Policy)</p>		